

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**ANÁLISIS DE COSTOS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO COMPARANDO MOTORES DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO Y MOTORES DE COMBUSTIBLE DIESEL, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA DEL INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

**RUDY ARMANDO GUILLERMO RODRÍGUEZ**

**GUATEMALA, AGOSTO DE 2014**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**ANÁLISIS DE COSTOS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO COMPARANDO MOTORES DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO Y MOTORES DE COMBUSTIBLE DIESEL, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA DEL INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR**

**RUDY ARMANDO GUILLERMO RODRÍGUEZ**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

**GUATEMALA, AGOSTO DE 2014**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RECTOR MAGNÍFICO**

**DR. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**DECANO**

**DR. LAURIANO FIGUEROA QUIÑONEZ**

**VOCAL I**

**DR. ARIEL ABDERRAMAN ORTIZ LÓPEZ**

**VOCAL II**

**ING. AGR. MSc. MARINO BARRIENTOS GARCÍA**

**VOCAL III**

**ING. AGR. ERBERTO RAÚL ALFARO ORTIZ**

**VOCAL IV**

**P. FOR. SINDY BENITA SIMÓN MENDOZA**

**VOCAL V**

**BR. SERGIO ALEXSANDER SOTO ESTRADA**

**SECRETARIO**

**DR. MYNOR RAUL OTZOY ROSALES**

**GUATEMALA, AGOSTO DE 2014**



Guatemala, agosto de 2014

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

De conformidad con las normas establecidas por La Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación **“Análisis de costos en los sistemas de riego comparando motores de gas licuado de petróleo y motores de combustible diesel, diagnóstico y servicios realizados en el departamento de ingeniería agrícola del Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, Guatemala, C.A.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



---

Rudy Armando Guillermo Rodríguez



## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

**DIOS**

Por darme la oportunidad de culminar una etapa de la vida y rodearme de personas que me han brindado su amor y amistad.

**MIS PADRES**

Oscar y Elizabeth, por ser los primeros maestros, guías en mi vida y tutores del bien, que me dieron su amor y apoyo siempre, este triunfo es de ustedes. Los amo.

**MIS HERMANOS**

Marvin, Emmy y Amed, por darme su amor, ayuda y apoyo durante toda la vida, siendo grandes ejemplos a seguir.

**MIS ABUELOS**

Especialmente a mi abuelita Rosita, que me ha apoyado y dado su cariño. A los que están ausentes y partieron a mejor vida, que me ven orgullosos desde el paraíso, en especial a mi abuela Zoila (Q.E.P.D)

**MIS TIOS, PRIMOS  
Y SOBRINOS**

Porque siempre me han acompañado en los buenos y malos momentos de la vida y me han dado su cariño, en especial a mi tía Adalid quien me brindó su apoyo en mi formación como profesional y a mis sobrinos, para que este sea un ejemplo de superación.

**MIS AMIGOS**

Quienes de una u otra forma estuvieron ayudándome en mi formación como profesional.



## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

**UNIVERSIDAD DE SAN  
CARLOS DE GUATEMALA**

Grande e inmortal, mi alma máter, que brindó todos los recursos para mi formación profesional y de la cual siempre me sentiré orgulloso de pertenecer.

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

Por haberme formado e instruido durante mi carrera profesional y de forma especial a mi asesora la ingeniera Mirna Ayala, por haber dedicado tiempo y atención a mi trabajo.

**DOCENTE ASESOR DE EPS**

Ing. Agr. MC. José Luis Alvarado Álvarez por su asesoría, orientación y apoyo durante el ejercicio profesional supervisado, además agradezco sus importantes aportes, conocimientos, consejos brindados para la realización de este trabajo, así como también por su confianza, paciencia y amistad incondicional.

**DEPARTAMENTO DE  
INGENIERIA AGRICOLA DEL  
INGENIO MAGDALENA**

Por permitirme realizar el ejercicio de práctica supervisada y a cada uno de los miembros de su equipo, el Ingeniero Miguel Rivera, Augusto Álvarez, Roberto Illescas, Sebastián Pinto, Samuel Monterroso, Eddy Guinea, Gilberto Gómez, Estuardo Rivera, Eleazar Nahaman, José Monzón, Vielman de la Rosa, Byron Perez, Eddy Aifán, Raúl Pineda, Juan Zamora, José Figueroa y muy especialmente a José Cabrera, Ludwig de Cid y mi amigo Alfonso Rivera.

## **ALDEA EL PILAR**

Por haberme acogido en su comunidad durante todo el período de EPS, en especial a don Gustavo Urzúa y toda su familia.

## **MIS AMIGOS**

Diego, Pablo, Roswell, Maco, Jhonatam, José, Jaime, Cristian, Jorge, Allan, Rodrigo, Gabriel, Sergio, Esaú y tantos otros, quienes más que amigos fueron familia de una u otra forma y siempre creyeron en mí.

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
<b>CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE DRENAJE AGRÍCOLA Y CONTROL DE INUNDACIONES DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA DEL INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.</b>	
1.1 PRESENTACIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3 METODOLOGÍA.....	3
1.3.1 FASE DE GABINETE INICIAL.....	3
1.3.2 FASE DE CAMPO.....	3
1.3.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	3
1.4 RESULTADOS.....	4
1.4.1 HISTORIA.....	4
1.4.2 UBICACIÓN.....	6
1.4.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	6
1.4.4 VÍAS DE ACCESO.....	7
1.4.5 DATOS OBTENIDOS.....	7
1.4.6 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA.....	7
1.4.7 ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA.....	8
1.4.8 DRENAJE AGRÍCOLA Y CONTROL DE INUNDACIONES.....	8

	<b>PÁGINA</b>
1.4.9 JERARQUIZACIÓN DE PROBLEMÁTICAS .....	8
1.4.10 PRIORIZACIÓN DE PROBLEMÁTICAS .....	10
1.5 CONCLUSIONES.....	13
1.6 BIBLIOGRAFÍA .....	14
 <b>CAPÍTULO II. ANÁLISIS DE COSTOS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO COMPARANDO MOTORES DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO Y COMBUSTIBLE DIESEL EN LAS ADMINISTRACIONES DE AGROPESA Y EL CHAPARRAL DEL INGENIO MAGDALENA, PUERTO DE SAN JOSÉ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.</b>	
2.1 INTRODUCCIÓN.....	15
2.2 MARCO TEÓRICO.....	16
2.2.1 COSTOS Y TERMINOLOGÍA DE COSTOS .....	16
2.2.2 COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS .....	17
2.2.3 PATRONES DE COMPORTAMIENTO DEL COSTO: COSTOS VARIABLES Y COSTOS FIJOS.....	17
2.2.4 COSTOS TOTALES Y UNITARIOS.....	18
2.2.5 LA INFORMACIÓN Y EL PROCESO DE DECISIÓN .....	19
2.2.6 EL SIGNIFICADO DE LA RELEVANCIA.....	19
2.2.7 GENERALIDADES DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO.....	21
2.2.8 USOS Y APLICACIONES DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO .....	23
2.2.9 MOTORES A GLP .....	24
2.2.10 DESCRIPCIÓN DE UN MOTOR DE GLP.....	25
2.2.11 VENTAJAS DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL DE LOS MOTORES DE GLP.....	27
2.2.12 MOTORES UTILIZADOS EN EL INGENIO MAGDALENA .....	28
2.2.13 ASPECTOS TÉCNICOS COMUNES DE LOS MOTORES DE RIEGO .....	28
2.2.14 MOTOR 125 HP, SERIE 4045TF250 DIESEL .....	29

**PÁGINA**

2.2.15 GMC VORTEC 4.3L V6 + PTO GLP.....	31
2.3 MARCO REFERENCIAL.....	33
2.3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA .....	33
2.3.2 LOCALIZACIÓN .....	34
2.3.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	35
2.3.4 DIVISIONES DEL INGENIO .....	35
2.3.5 ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA.....	36
2.3.6 DRENAJE AGRÍCOLA Y CONTROL DE INUNDACIONES .....	36
2.3.7 ANTECEDENTES DE RIEGO EN EL INGENIO MAGDALENA .....	37
2.4 OBJETIVOS.....	40
2.4.1 GENERAL.....	40
2.4.2 ESPECÍFICOS.....	40
2.5 HIPÓTESIS.....	41
2.6 METODOLOGÍA .....	41
2.6.1 FASE DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN .....	41
2.6.2 FASE DE CAMPO .....	41
2.6.3 FASE DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN .....	43
2.6.4 FASE DE GABINETE FINAL .....	46
2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	47
2.7.1 INVENTARIO DE MOTORES, COSTOS DE OPERACIÓN POR HORA DE OPERACIÓN Y CONSUMOS POR HORA DE LOS MOTORES DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO Y COMBUSTIBLE DIESEL.....	47
2.7.2 COSTOS DE OPERACIÓN Y COSTOS DE INVERSIÓN .....	82
2.7.3 CUANTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS DE COMBUSTIBLE DIESEL.....	85
2.7.4 COSTO POR MILÍMETRO APLICADO DE AGUA .....	87

	<b>PÁGINA</b>
2.7.5 BENEFICIOS TRADUCIDOS EN AHORROS.....	89
2.7.6 EMISIONES DE CO <sub>2</sub> AL AMBIENTE .....	90
2.8 CONCLUSIONES.....	92
2.9 RECOMENDACIONES .....	93
2.10 BIBLIOGRAFÍA .....	94
<b>CAPÍTULO III. INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA DEL INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.</b>	
3.1 PRESENTACIÓN .....	95
3.2 OBJETIVO GENERAL.....	95
3.3 DISEÑO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR MINI ASPERSIÓN PARA CAÑA DE AZÚCAR ( <i>Saccharum spp.</i> ) EN EL ÁREA EXPERIMENTAL DE LA FINCA SANTA CRISTINA, DEL INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA, GUATEMALA C.A. ....	96
3.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	97
3.3.2 METODOLOGÍA .....	98
3.3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	100
3.3.4 CONCLUSIONES .....	117
3.3.5 RECOMENDACIONES .....	118
3.3.6 BIBLIOGRAFÍA .....	119
3.4 DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD PARA CAÑA DE AZÚCAR ( <i>Saccharum spp.</i> ) A NIVEL DE PROPUESTA PARA LA FINCA CÁDIZ, MASAGUA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A. ....	120
3.4.1 OBJETIVOS .....	121
3.4.2 METODOLOGÍA .....	122
3.4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	124

	<b>PÁGINA</b>
3.4.4 CONCLUSIONES .....	136
3.4.5 RECOMENDACIONES.....	137
3.4.6 BIBLIOGRAFÍA.....	138
3.5 SONDEO DE POZOS DE LAS ADMINISTRACIONES RETALHULEU E ICÁN, DEL INGENIO MAGDALENA, RETALHULEU, GUATEMALA, C.A.....	139
3.5.1 OBJETIVOS.....	140
3.5.2 METODOLOGÍA.....	141
3.5.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	144
3.5.4 CONCLUSIONES .....	158
3.5.5 RECOMENDACIONES.....	159
3.5.6 BIBLIOGRAFÍA.....	160

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
CUADRO 1. ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, IMSA.....	8
CUADRO 2. PROBLEMÁTICA DETECTADA EN EL ÁREA DE DRENAJE AGRÍCOLA Y CONTROL DE INUNDACIONES DEL INGENIO MAGDALENA. ....	9
CUADRO 3. MATRIZ DE PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS DEL ÁREA DE DRENAJES AGRÍCOLAS Y CONTROL DE INUNDACIONES.....	10
CUADRO 4. CLAVE PARA LA REALIZACIÓN DE PRIORIZACIÓN DE PROBLEMÁTICAS .....	11
CUADRO 5. PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS Y FRECUENCIAS. ....	12
CUADRO 6. PROPIEDADES FÍSICAS DEL GLP Y SUS COMPONENTES PROPANO Y BUTANO .....	22
CUADRO 7. FACTORES DE CONVERSIÓN PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO PARA ALGUNOS COMBUSTIBLES .....	28
CUADRO 8. RESUMEN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MOTORES DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO Y DE COMBUSTIBLE DIESEL.....	32
CUADRO 9. ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA. ....	36
CUADRO 10. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO MINI ASPERSIÓN.....	38
CUADRO 11. MATRIZ PARA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE INVENTARIO DE MOTOBOMBAS EN LAS ADMINISTRACIONES AGROPESA Y EL CHAPARRAL .....	41
CUADRO 12. RENDIMIENTOS Y COSTOS POR HORA PROMEDIO DE LOS MOTORES GLP .....	47
CUADRO 13. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-761 FINCA SANTA IRENE.....	49
CUADRO 14. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-762 FINCA SANTA IRENE.....	50
CUADRO 15. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-763 FINCA SANTA IRENE.....	51

**PÁGINA**

CUADRO 16. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-764 FINCA SANTA IRENE .....	52
CUADRO 17. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-871 FINCA CANDELARIA.....	53
CUADRO 18. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-872 FINCA ELYCAR .....	54
CUADRO 19. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-873 FINCA SEVILLA.....	54
CUADRO 20. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-874 FINCA LÍBANO .....	55
CUADRO 21. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-875 FINCA LÍBANO .....	56
CUADRO 22. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-876 FINCA EL ROSARIO .....	57
CUADRO 23. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-878 FINCA LA CONQUISTA.....	57
CUADRO 24. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-879 FINCA CORRAL BLANCO.....	58
CUADRO 25. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-880 FINCA MONTAÑA LARGA .....	58
CUADRO 26. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-881 FINCA MONTAÑA LARGA .....	59
CUADRO 27. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-882 FINCA MONTAÑA LARGA .....	59
CUADRO 28. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 43-143 FINCA EL CHAPARRAL .....	60
CUADRO 29. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 43-146 FINCA EL CHAPARRAL .....	60
CUADRO 30. RENDIMIENTOS PROMEDIO Y COSTOS POR HORA PROMEDIO DE LOS MOTORES DE COMBUSTIBLE DIESEL SUSTITUIDOS.....	61
CUADRO 31. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-761 FINCA SANTA IRENE .....	62
CUADRO 32. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-762 FINCA SANTA IRENE .....	63
CUADRO 33. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-763 FINCA SANTA IRENE .....	64

	<b>PÁGINA</b>
CUADRO 34. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-764 FINCA SANTA IRENE.....	65
CUADRO 35. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-871 FINCA CANDELARIA....	66
CUADRO 36. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-872 FINCA ELYCAR.....	67
CUADRO 37. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-873 FINCA SEVILLA .....	68
CUADRO 38. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-874 FINCA LÍBANO.....	69
CUADRO 39. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-875 FINCA LÍBANO.....	70
CUADRO 40. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-876 FINCA EL ROSARIO.....	71
CUADRO 41. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-878 FINCA LA CONQUISTA.....	72
CUADRO 42. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-879 FINCA CORRAL BLANCO.....	73
CUADRO 43. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-880 FINCA MONTAÑA LARGA.....	74
CUADRO 44. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-881 FINCA MONTAÑA LARGA.....	75
CUADRO 45. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 33-882 FINCA MONTAÑA LARGA.....	76
CUADRO 46. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 43-143 FINCA EL CHAPARRAL.....	77
CUADRO 47. REGISTRO DE LLENADO DE TANQUE ID 43-146 FINCA EL CHAPARRAL.....	78
CUADRO 48. RESUMEN DE RENDIMIENTOS CALCULADOS Y TEÓRICOS DE LOS MOTORES DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO Y COMBUSTIBLE DIESEL.....	79
CUADRO 49. COSTOS DE MANO DE OBRA ZAFRA 2012-2013.....	83
CUADRO 50. COSTOS DE OPERACIÓN MOTORES DE GLP Y COMBUSTIBLE DIESEL.....	83
CUADRO 51. COSTOS DE INVERSIÓN DE LOS MOTORES DE GLP Y COMBUSTIBLE DIESEL.....	84

	<b>PÁGINA</b>
CUADRO 52. COSTO POR MILÍMETRO DE AGUA APLICADO CON LOS MOTORES DE GLP Y COMBUSTIBLE DIESEL. ....	88
CUADRO 53. BENEFICIOS TRADUCIDOS EN AHORRO EN PORCENTAJES DE LOS MOTORES DE GLP EN COMPARACIÓN CON LOS MOTORES DE DIESEL. ....	90
CUADRO 54. FACTORES DE CONVERSIÓN PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE CARBONO EN LA INDUSTRIA Y AGRICULTURA.....	90
CUADRO 55. ASPECTOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE MINI ASPERSIÓN .....	103
CUADRO 56. EJEMPLO DE LA HOJA ELECTRÓNICA UTILIZADA PARA EL CÁLCULO DE LATERALES Y SALIDAS, PARCELA EXPERIMENTAL NÚMERO UNO (1) PARA LOS TRES PRIMEROS ASPERSORES.....	104
CUADRO 57. DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL UTILIZADO EN LA FINCA SANTA CRISTINA DEL DISEÑO HIDRÁULICO.....	106
CUADRO 58. TIEMPOS Y PROFUNDIDADES REGISTRADOS PARA EL PUNTO UNO (1) DE AFORO. ....	127
CUADRO 59. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL AFORO DEL PUNTO UNO (1), PARTE OESTE DE LA FINCA. ....	128
CUADRO 60. CAUDAL OBTENIDO EN EL PUNTO DE AFORO UNO (1). ....	128
CUADRO 61. TIEMPOS Y PROFUNDIDADES REGISTRADOS PARA EL PUNTO DOS (2) DE AFORO. ....	129
CUADRO 62. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL AFORO DEL PUNTO DOS (2), PARTE NORTE DE LA FINCA.....	129
CUADRO 63. CAUDAL OBTENIDO EN EL PUNTO DE AFORO DOS (2). ....	130
CUADRO 64. TIEMPOS Y PROFUNDIDADES REGISTRADOS PARA EL PUNTO TRES (3) DE AFORO. ....	131
CUADRO 65. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL AFORO DE LA PARTE NORESTE DE LA FINCA CÁDIZ. ....	132
CUADRO 66. CAUDAL OBTENIDO EN EL AFORO DE LA PARTE NORESTE DE LA FINCA CÁDIZ.....	132

	<b>PÁGINA</b>
CUADRO 67. FORMATO DE FICHA DE INFORMACIÓN UTILIZADA PARA LAS VISITAS A LOS POZOS.....	142
CUADRO 68. DATOS TOMADOS DE LOS POZOS DE LA ADMINISTRACIÓN RETALHULEU.....	145
CUADRO 69. DATOS TOMADOS DE LOS POZOS DE LA ADMINISTRACIÓN ICÁN.....	147
CUADRO 70. RESUMEN DE FINCAS Y POZOS DE LAS ADMINISTRACIONES RETALHULEU E ICÁN. ....	149

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>PÁGINA</b>
FIGURA 1. FOTOGRAFÍA AÉREA DEL INGENIO MAGDALENA AL 2011.....	6
FIGURA 2. EQUIPO DE ALIMENTACIÓN DE UN MOTOR GLP.....	25
FIGURA 3. PARTES DEL TABLERO CONTROLADOR DE UN MOTOR PARA RIEGO.....	26
FIGURA 4. MOTOR SERIE 4045TF250 DE 125 HP.....	30
FIGURA 5. CURVA DE DESEMPEÑO MOTOR 4045TF250.....	30
FIGURA 6. MOTOR VORTEC 4.3L V6 + PTO A GLP.....	31
FIGURA 7. CURVA DE DESEMPEÑO MOTOR VORTEC 4.3L V6 + PTO A GLP.....	32
FIGURA 8. FOTOGRAFÍA AÉREA DE LAS ADMINISTRACIONES EL CHAPARRAL Y AGROPESA.....	34
FIGURA 9. FOTOGRAFÍA AÉREA DE PUERTO DE SAN JOSÉ, ESCUINTLA.....	35
FIGURA 10. INSTALACIÓN DE UN TANQUE DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO POR LA EMPRESA PROVEEDORA.....	39
FIGURA 11. ENTREVISTA A LOS OPERADORES Y ENCARGADOS DE LLENADO DE TANQUE DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO.....	42
FIGURA 12. CONSUMO DE LOS MOTORES DE COMBUSTIBLE DIESEL.....	80
FIGURA 13. COSTO POR HORA DE OPERACIÓN DE LOS MOTORES DE COMBUSTIBLE DIESEL.....	80
FIGURA 14. COSTO POR HORA DE OPERACIÓN DE LOS MOTORES DE GLP.....	81
FIGURA 15. CONSUMO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO.....	81
FIGURA 16. UBICACIÓN ESPACIAL DE LA FINCA SANTA CRISTINA ASÍ COMO DE LAS ÁREAS EXPERIMENTALES.....	100
FIGURA 17. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CAPTACIÓN DE AGUA.....	101
FIGURA 18. PLANO DEL ÁREA EXPERIMENTAL DE LA FINCA SANTA CRISTINA Y TUBERÍAS ALEDAÑAS.....	105
FIGURA 19. NOMENCLATURA DE LA TUBERÍA INSTALADA.....	105
FIGURA 20. DISEÑO INTERNO DE PARCELAS, CON LLAVES SECTORIZADORAS Y TUBERÍA INTERNA.....	107
FIGURA 21. DISEÑO DEL RIEGO PARA LAS PARCELAS.....	108

	<b>PÁGINA</b>
FIGURA 22. TUBERÍA ALEDAÑA DESTINADA COMO FUENTE DE AGUA PARA EL EXPERIMENTO.....	109
FIGURA 23. ESTAQUILLADO PARA LA EXCAVACIÓN DE LA TUBERÍA PRINCIPAL. ....	109
FIGURA 24. EXCAVACIÓN DE LA TUBERÍA PRINCIPAL DE CONDUCCIÓN.....	110
FIGURA 25. ACOUPLE DE TUBOS PARA LA CONDUCCIÓN PRINCIPAL. ....	110
FIGURA 26. PROCESO DE INSTALACIÓN DE LA TEE DE CONDUCCIÓN PRINCIPAL.	111
FIGURA 27. ACOPLERES DE LA TUBERÍA PRINCIPAL A LAS FUENTES DE AGUA. ....	111
FIGURA 28. TRAZO DE PARCELAS CON ESTACIÓN TOTAL DENTRO DE LAS ÁREAS EXPERIMENTALES. ....	112
FIGURA 29. EXCAVACIÓN DENTRO DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES.....	113
FIGURA 30. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS SECUNDARIAS DENTRO DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES. ....	113
FIGURA 31. CONEXIONES DE LA TUBERÍA SECUNDARIA A LA PRINCIPAL.....	114
FIGURA 32. LIMPIEZA DE LA TUBERÍA PRINCIPAL DE CONDUCCIÓN.....	115
FIGURA 34. ASPERSORES DE LAS ÁREAS EXPERIMENTALES EN FUNCIONAMIENTO. ....	115
FIGURA 33. CONSTRUCCIÓN DE LAS CAJAS SECTORIZADORAS CON LAS LLAVES DE PASO. ....	116
FIGURA 35. DISEÑO DE SECCIÓN DE AFORO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDAL. ....	123
FIGURA 36. PLANO DE LA FINCA CÁDIZ, MASAGUA, ESCUINTLA.....	125
FIGURA 37. ÁREAS DISEÑADAS PARA EL RIEGO POR GRAVEDAD. ....	125
FIGURA 38. LUGARES DONDE SE REALIZARON LOS AFOROS DE CAUDAL. ....	126
FIGURA 39. PUNTO DE AFORO NÚMERO UNO (1) CERCA DEL CASCO, LADO OESTE DE LA FINCA.....	127
FIGURA 40. AFORO DEL PUNTO NÚMERO DOS (2), PARTE NORTE DE LA FINCA. ....	130
FIGURA 41. REALIZACIÓN DE AFORO AL NORESTE DE LA FINCA CÁDIZ.....	131
FIGURA 42. TRAZO DE CANALES PRIMARIOS DE CONDUCCIÓN DE AGUA EN AUTOCAD. ....	133
FIGURA 43. PLANO GENERAL CON LOS TRAZOS DE LOS RUMBOS DE LOS SURCOS SECUNDARIOS. ....	134

**PÁGINA**

FIGURA 44. DISEÑO DE LOS SURCOS SECUNDARIOS DENTRO DE LOS PANTES. ...	134
FIGURA 45. PLANO DE LA FINCA CÁDIZ ENTREGADO A LA ADMINISTRACIÓN AGROPESA COMO PROPUESTA DE RIEGO POR GRAVEDAD.....	135
FIGURA 46. VISTO BUENO DE LOS ASISTENTES DE RIEGO, JEFATURA DE DEPARTAMENTO Y ADMINISTRADOR DE FINCAS. ....	135
FIGURA 47. TOMA DE PUNTOS DE REFERENCIA DE LOS POZOS CON GPS GARMIN. ....	143
FIGURA 48. SONDEO DE POZOS CON NIVEL PIEZOMÉTRICO Y SONDA DE EXPLORACIÓN.....	143
FIGURA 49. FINCA CAMPO LIBRE, UN POZO.....	150
FIGURA 50. FINCA COLOMBITA, CINCO POZOS.....	150
FIGURA 51. FINCA LA LOMA, UN POZO.....	151
FIGURA 52. FINCA PROVIDENCIA, CINCO POZOS.....	151
FIGURA 53. FINCA LA SEVERA, TRES POZOS. ....	152
FIGURA 54. FINCA SANTA JULIA, TRES POZOS.....	152
FIGURA 55. FINCA ALASKA, TRES POZOS. ....	153
FIGURA 56. FINCA ARIZONA, TRES POZOS. ....	153
FIGURA 57. FINCA MARÍA DEL CARMEN, DOS POZOS. ....	154
FIGURA 58. FINCA SAN MAURICIO, CUATRO POZOS. ....	154
FIGURA 59. FINCA XOLUTA, OCHO POZOS.....	155
FIGURA 60. FINCA MONTEMARÍA, CUATRO POZOS. ....	155
FIGURA 61. FINCA ÁLAMOS, DOS POZOS.....	156
FIGURA 62. FINCA LAS ROSAS, CUATRO POZOS. ....	156
FIGURA 63. FINCA PANAMÁ, TRES POZOS.....	157
FIGURA 64. FINCA SAN NICOLÁS, CUATRO POZOS.....	157



## RESUMEN GENERAL

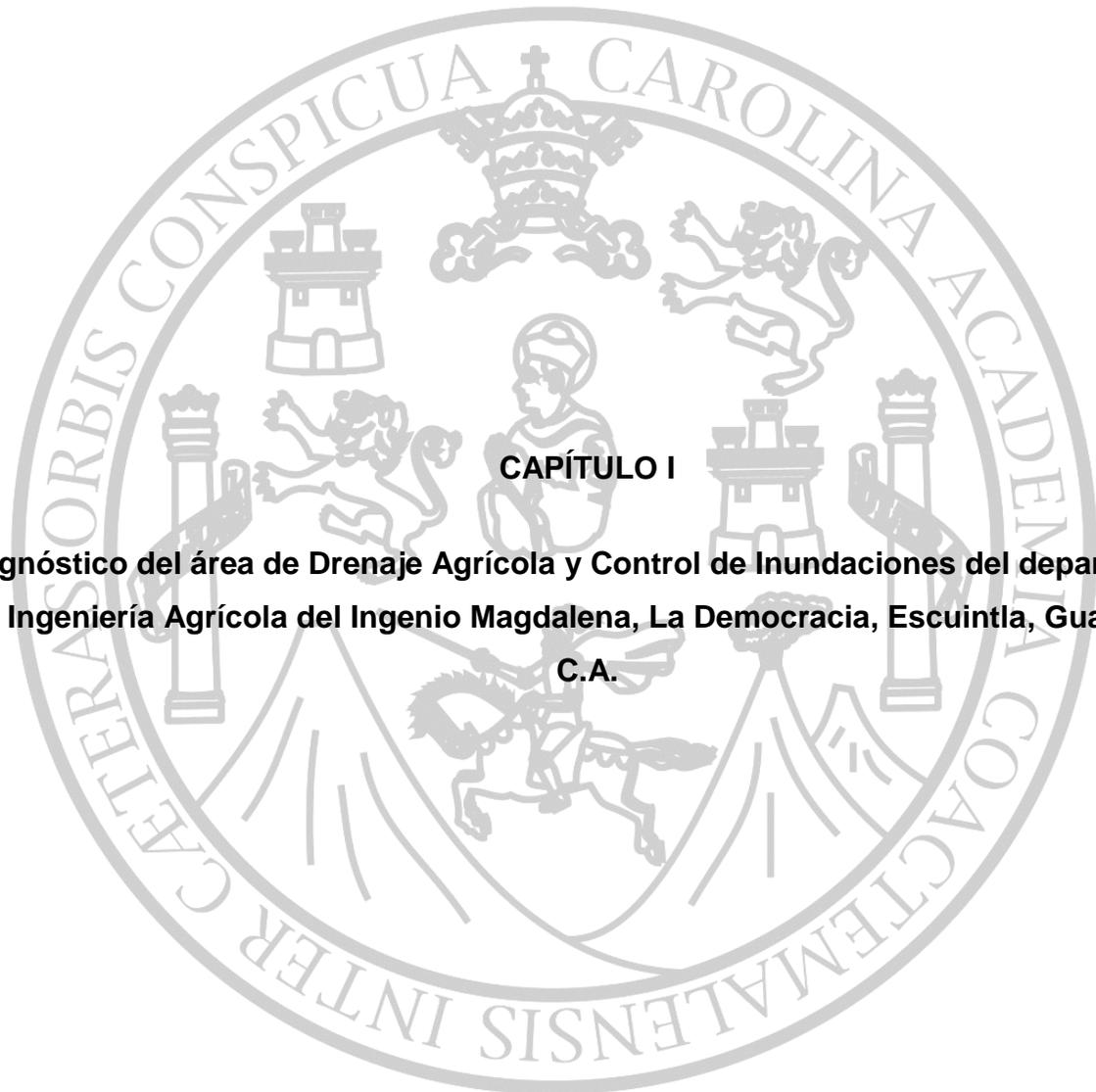
El presente documento es el resultado de las actividades realizadas en el período de EPS del mes de febrero a noviembre del año 2013, en el departamento de Ingeniería Agrícola del Ingenio Magdalena.

Como primera actividad, se realizó un diagnóstico del estado actual del departamento de ingeniería agrícola y de forma más específica el área de drenaje agrícola y control de inundaciones, identificando aspectos que iban desde lo general a lo más específico, como la descripción de las actividades del área de drenaje agrícola y control de inundaciones dentro del departamento de Ingeniería Agrícola y las diferentes problemáticas que surgían en dicha área. Este diagnóstico se efectuó en forma conjunta con el jefe de área y los asistentes de campo y diseño mediante una matriz de priorización de problemáticas en las que se identificaron cuatro problemas a los cuales se les asignó un nivel de prioridad.

De las problemáticas encontradas en el diagnóstico se identificó que el inadecuado control del combustible diesel de los motores de riego en las administraciones de AGROPESA y El Chaparral en el Puerto de San José, generaba pérdidas económicas para el ingenio. Este problema tuvo el nivel de prioridad más alto. Debido a su importancia se eligió como tema de investigación, titulada “Análisis de costos en los sistemas de riego comparando motores de gas licuado de petróleo y combustible diesel en las administraciones de AGROPESA y El Chaparral del Ingenio Magdalena”. Este trabajo refleja las actividades que conllevan el análisis comparativo de los costos de ambos tipos de motor. Para la realización del estudio se hicieron inventarios de los motores que funcionan con gas licuado de petróleo para obtener información de los rendimientos, costos por galón, horas trabajadas del motor, para ser comparadas con la misma información de los motores de combustible diesel que fueron sustituidos en las mismas fincas y así poder saber si los motores de gas licuado de petróleo representaban un beneficio de ahorro para las administraciones y eliminar las pérdidas de combustible por robo, mal llenado de tanques, mala operación y mantenimiento de los equipos.

Los motores de gas licuado de petróleo representan la opción más rentable por beneficios de ahorro, debido a que el costo de inversión es 13.91% menor en comparación con los motores de combustible diesel y el costo de operación es 63.71% menor que los motores de combustible diesel. Esto representó en la zafra 2012-2013 un ahorro de Q3,178,971.58 en pérdidas por mal control de combustible, además que liberó al ambiente un 7.21% menos kilogramos de dióxido de carbono por litro de combustible consumido que los motores de diesel, siendo más amigables al ambiente.

La tercera actividad fue la realización de los servicios que se identificaron en los siguientes niveles de prioridad en el diagnóstico. El primer servicio fue el diseño y supervisión de la instalación de un sistema de riego por mini aspersión en la finca Santa Cristina, La Democracia, Escuintla, Guatemala, C.A. en la cual se diseñó y supervisó la instalación de un sistema de riego hasta la prueba de bombeo y su posterior entrega como apoyo al departamento de Investigación del ingenio para probar distintas láminas de riego en diferentes tipos de suelo y variedades de caña de azúcar. El segundo fue el sondeo de los niveles dinámicos y estáticos de los pozos en las administraciones de Retalhuleu e Icaán, como parte de la recopilación de información general del departamento de Ingeniería Agrícola y aporte para la realización de una base de datos de los pozos. El tercer servicio realizado fue el diseño de un sistema de riego por gravedad en la finca Cádiz en Masagua, como alternativa de riego debido al colapso de los pozos perforados en dicha finca.



## **CAPÍTULO I**

**Diagnóstico del área de Drenaje Agrícola y Control de Inundaciones del departamento de Ingeniería Agrícola del Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, Guatemala, C.A.**



## 1.1 PRESENTACIÓN

El Ingenio Magdalena S.A. cuenta dentro de su organización con divisiones de trabajo que hacen que opere de manera eficiente y correcta, dentro de estas se encuentra: Campo, Obra Civil, MAGRISA (Maquinaria Agrícola S.A), Fábrica y Control Administrativo.

En la división de campo está el departamento de ingeniería agrícola, que a su vez tiene las áreas de planificación de fincas, diseño y ejecución de proyectos, perforación de pozos e hidrometría, drenaje agrícola y control de inundaciones y proyectos especiales.

La actividad primordial del departamento de ingeniería agrícola es diseñar y ejecutar sistemas de riegos y drenajes, los sistemas de riegos se dividen en: por gravedad y presurizada. El riego por gravedad es aplicado en forma de aspersión y por canales. Por otra parte el riego presurizado es aplicado por medio de los sistemas de cañones, mini aspersión y por riegos mecanizados, tales como: pivotes fijos, móviles y de avance frontal, asimismo es responsable del manejo de vinaza y cachaza.

El área de drenaje agrícola y control de inundaciones es de importancia para la empresa, debido a que tiene la responsabilidad de mejorar las condiciones del cultivo por medio de elaboración de drenajes y evacuación de agua de zonas inundadas y darle manejo a los productos especiales, tales como la vinaza y la cachaza.

En el presente diagnostico se identificaron cuatro problemas que fueron priorizados y que limitan el buen desarrollo del área de drenaje agrícola y control de inundaciones, los cuáles son: diseñar y supervisar la instalación de un proyecto de riego por mini aspersión, sondear los pozos de las administraciones Retalhuleu e Iacán, realizar el diseño por gravedad para la finca Cádiz y una investigación sobre un análisis de costos de rendimientos de motores gas propano.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Diagnosticar el área de Drenaje Agrícola y Control de Inundaciones del departamento de Ingeniería Agrícola del Ingenio Magdalena.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

1. Determinar el funcionamiento del área de drenajes y control de inundaciones del departamento de Ingeniería Agrícola.
2. Identificar y priorizar los problemas existentes en el área de drenaje agrícola y control de inundaciones.

## **1.3 METODOLOGÍA**

### **1.3.1 Fase de gabinete inicial**

En esta fase se recabó información básica sobre aspectos generales del ingenio y propias del departamento de ingeniería agrícola y el área de drenajes agrícolas y control de inundaciones, tales como: ubicación, condiciones climáticas, vías de acceso, así como la estructura organizacional del departamento y las funciones del área de drenaje agrícola.

### **1.3.2 Fase de campo**

Esta parte se llevó a cabo, realizando visitas de reconocimiento en las partes donde trabaja el área de drenaje agrícola y control de inundaciones con la colaboración tanto de asistentes del área como del jefe de la misma, contribuyendo a la identificación de los problemas que limitan las actividades del área de drenaje agrícola y el buen desarrollo de las mismas.

Se identificaron las necesidades y problemas que tiene el área, mediante observación directa y entrevistas con los diferentes colaboradores de la misma.

### **1.3.3 Análisis de la información**

Con la colaboración de los asistentes del área y del jefe del área de drenaje agrícola se hizo una matriz de priorización de problemas para darle prioridad a los problemas identificados, tomando en cuenta los factores, técnicos, económicos y temporales para la planeación de posibles soluciones y la realización de un plan de servicios y de investigación.

## 1.4 RESULTADOS

### 1.4.1 Historia

El Ingenio Magdalena ha sido uno de los ingenios, a nivel latinoamericano, con más crecimiento en los últimos cuatro años y es el mayor productor entre los 13 ingenios competentes en nuestro país, debido a que obtuvo una producción de más de 13,000,000 de quintales de azúcar para la temporada de zafra 2012-2013, teniendo más de 60,000 hectáreas de caña de azúcar divididas en cuatro zonas de producción.

En 1976 el Ingenio Magdalena nace como una planta dedicada a producir mieles vírgenes para la producción de licores y trasladan sus molinos originales de la finca Magdalena en El Rodeo, entre los departamentos de Escuintla y Sacatepéquez, a la Finca Bugarvilía, en la Democracia, Escuintla y empieza a producir además de mieles vírgenes, azúcar.

A partir de 1983 se transforma en un ingenio azucarero y en 1984 se realiza la compra de los molinos del Central Guánica de Puerto Rico, que fueron trasladados a Magdalena. Los nuevos molinos con dimensiones de 0,76m de diámetro x 1,98m de largo, cuatro de ellos fueron instalados para hacer la zafra 1984/1985 y partir de esta zafra se inicia una etapa de crecimiento acelerando, aumentando su productividad en forma constante.

En la zafra de 1990-1991, se produjeron 53,792 TM de azúcar (1,185.575.68 qq.) con una plantación de caña de azúcar de 5,550 hectáreas. En los años siguientes se innovan sistemas de corte, alojamiento de cortadores, sistemas de transporte, se completa la instalación de los molinos 5 y 6 del tandem de Guánica y se adicionan terceras mazas y se inicia un programa de cogeneración.

En la zafra 1994-1995, se duplica la producción de la zafra 1990-1991, siendo ésta de 105,855 TM. de azúcar (2,301,205 qq.) y en 1996 se inicia una nueva ampliación cuando se adquiere un tandem nuevo de molinos de 1.09 m de diámetro x 2.13 m. Con una capacidad de 9,200 TM de molienda por día.

En la parte agrícola, se inicia un laboratorio para la selección de variedades y producción de semilla de caña por medio de meristemas. Inicialmente se produjeron 400,000 plantas anuales. Actualmente se producen 700,000 plantas en el año que surte la siembra de plantaciones que abastecen el ingenio.

En el año 2001, se instala una planta productora de alcohol, con una capacidad de 120,000 litros diarios, que Magdalena surte con melaza. Un año después de su instalación se inicia la exportación de alcohol.

En el 2004, se hace una nueva inversión para aumentar la capacidad instalada de cogeneraciones instala un turbogenerador de condensados de 16,5 MW y se logra una producción de 53.5 MW en el año, producto de generación y cogeneración eléctrica con bagazo, (el Ingenio consumía internamente 18 MW).

Se hace también una nueva línea de transmisión eléctrica para aumentar la capacidad de entrega al sistema eléctrico nacional y se inicia otra ampliación en cogeneración de energía.

En el 2005 se logra una nueva expansión en el área agrícola de 1570 nuevas hectáreas que logra una cobertura de 34,134 hectáreas con plantaciones de caña de azúcar que surte al ingenio. Se incrementa la inversión en riego que cubre el 56% del área de cultivo administrada.

Para asistir técnicamente las operaciones móviles de la empresa, se adquirió nuevo equipo, entre ellos 100 camiones destinados al acarreo de caña, 4 cosechadoras mecánicas y equipo agrícola. En enero del 2006 se adquirieron 5 cosechadoras mecánicas más.

Se amplía la fabrica con la instalación de un nuevo tandem de molinos diámetro x por y con una capacidad nominal de 9200 TM diarias adicionales, transformando a Magdalena en el primer ingenio con el manejo de tres tandems simultáneos en el área centroamericana.

La nueva planta de 30 MW que instalada e inicia su operación en Enero del 2006, lo cual lleva al ingenio a una capacidad de 100 MW, consumiendo internamente 31 MW y pone a disposición de venta 74 MW. (Pinto, S. 2011)

#### 1.4.2 Ubicación

La planta procesadora del Ingenio Magdalena S.A. se encuentra ubicada en el km. 99.5 ruta a Sipacate, interior finca Bugarvilia, La Democracia, Escuintla, en las coordenadas geográficas latitud  $14^{\circ} 07' 12''$  Norte y longitud  $90^{\circ} 55' 48''$  Oeste (Instituto Geográfico Nacional, 1980), con una altura promedio de 57 m.s.n.m. (Pinto, S. 2011)



Figura 1. Fotografía aérea del Ingenio Magdalena al 2011.

Fuente: Tesis de grado. Pinto Grotewold, JS. 2011.

#### 1.4.3 Condiciones climáticas

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Guatemala, realizado por de la Cruz basado en el sistema de Holdridge, la finca Bugarvilia donde se encuentra el Ingenio

Magdalena se encuentra ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical cálido (bmh-S (c)), que se caracteriza por mantener una precipitación anual promedio de 1696 milímetros, con una temperatura promedio entre 15 y 38 grados Celsius. (Pinto, S. 2011)

#### **1.4.4 Vías de acceso**

La vía de acceso es por la carretera al pacifico CA-2, luego se sigue la ruta hacia el puerto de Sipacate, pasando el municipio de La Democracia, se cruza a la izquierda tomando una carretera de terracería la cual conduce hacia la aldea El Pilar, el ingenio se encuentra ubicado a 6 km. de este cruce. (Pinto, S. 2011)

#### **1.4.5 Datos Obtenidos**

El Ingenio Magdalena S.A. cuenta con diferentes áreas de trabajo que hacen que el ingenio opere de manera eficiente y correcta. De las áreas existentes en el ingenio están: Campo, obra civil, MAGRISA (Maquinaria Agrícola S.A), Fábrica y Control Administrativo. (Pinto, S. 2011)

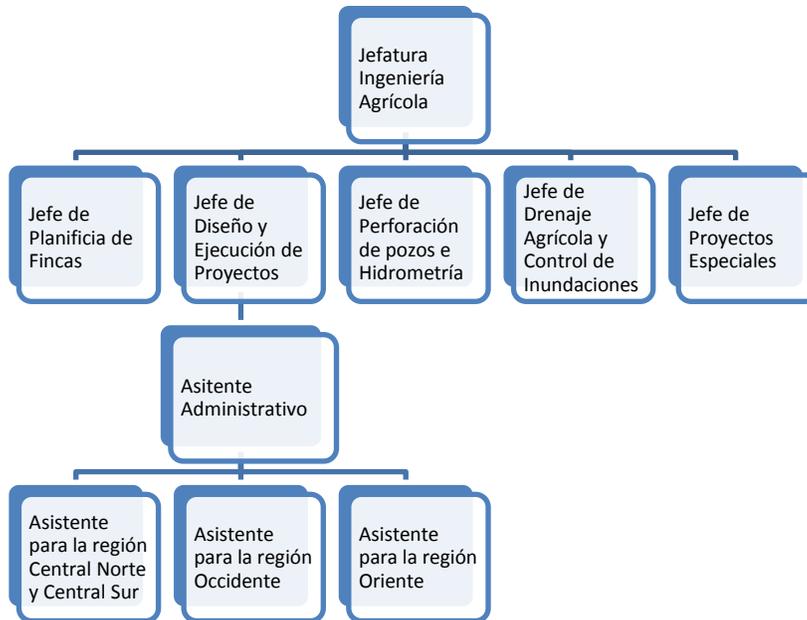
#### **1.4.6 Departamento de Ingeniería Agrícola**

Dentro del área de campo está el departamento de ingeniería agrícola, que se encarga del diseño y la correcta aplicación de los sistemas de riego y drenaje, la ubicación y perforación de pozos y la realización de proyectos especiales como el de darle un uso útil a los distintos residuos que se dan en la producción de alcohol y azúcar. (Pinto, S. 2011)

Este departamento es de importancia para la empresa por la responsabilidad de establecer los sistemas de riego en las distintas fincas para elevar la producción, además de mejorar las condiciones del cultivo por medio de elaboración de drenajes y evacuación de agua de zonas inundadas y darle manejo a los productos especiales, tales como la vinaza y la cachaza. (Pinto, S. 2011)

### 1.4.7 Organigrama del departamento de Ingeniería Agrícola

Cuadro 1. Organigrama del departamento de Ingeniería Agrícola, IMSA.



Fuente: Tesis de grado. Pinto Grotewold, JS. 2011.

### 1.4.8 Drenaje Agrícola y Control de Inundaciones

El área de de drenaje agrícola y control de inundaciones se encarga de programar y requerir el personal para la realización de los drenajes y labores relacionadas con la elaboración de drenaje, además de apoyar, si fuera necesario, con la contratación de empresas perforadoras de pozos y llevar control de maquinaria necesaria como motores para riegos y drenajes, tubería, etc.

### 1.4.9 Jerarquización de problemáticas

El cuadro 2 presenta el resumen de las problemáticas detectadas en el área de drenaje agrícola y control de inundaciones del Ingenio Magdalena.

**Cuadro 2. Problemática detectada en el área de drenaje agrícola y control de inundaciones del Ingenio Magdalena.**

No	Problema Detectado
1	Se desea implementar riego por gravedad en la finca Cádiz, en Masagua, pero aún no se ha diseñado la conducción del agua en los planos.
2	Debido al mal control de combustible en unas fincas de la empresa se han implementado motores a gas propano, pero no se conoce si este cambio implica reducción o aumento de costos para el ingenio.
3	Se necesita sondear los pozos que se encuentran dentro de las administraciones de fincas Retalhuleu e Icán y recolectar toda la información sobre su estado actual.
4	El departamento de investigación del Ingenio solicitó apoyo al departamento para la instalación de un sistema de riego por mini aspersión para un experimento en la finca Santa Cristina, la Democracia, por lo cual se necesita diseñar y supervisar la instalación del mismo.

Fuente: Propia.

El primer problema identificado fue la necesidad de implementar riego por gravedad en la finca Cádiz, que por sus características de relieve, permite los trazos de canales para el riego por gravedad; según Sandoval Illescas, el riego por gravedad es la práctica de riego más antigua que existe y es utilizada por que el costo para su realización es relativamente bajo en comparación con los diferentes tipos de riego.

El segundo problema que se identificó fue el mal control de combustible que se tenía en las fincas de las administraciones AGROPESA y El Chaparral y se detectó que el consumo de combustible diesel era demasiado alto, por lo que se decidió implementar motores que funcionan con gas licuado de petróleo como medida de emergencia. En el momento de la priorización no se conocía el costo de combustible que generaba cada uno de los motores.

El tercer problema que se identificó fue la necesidad de sondear los pozos que se encuentran dentro de las administraciones de fincas Retalhuleu e Icán y recolectar toda la información sobre su estado actual, el sondeo de los pozos es necesario para tener

información sobre: la temporada en que fueron perforados, la rejilla utilizada, el diámetro de perforación, el tipo de riego que se utiliza con dichos pozos, su profundidad, nivel dinámico, nivel estático, el abatimiento, la empresa que lo perforó, el caudal del pozo, sus puntos georeferenciados y la altura a la que se encuentran.

El cuarto problema que se identificó fue la necesidad de implementar un sistema de riego de mini aspersión en el área de investigación de la finca Santa Cristina, la Democracia

#### 1.4.10 Priorización de problemáticas

Para la priorización de problemática se utilizó una matriz comparativa, donde se emparejan las diferentes problemáticas y se analiza la prioridad de una contra la otra, como se presenta en el cuadro 3 y su respectiva clave para la interpretación de la misma en el cuadro 4.

**Cuadro 3. Matriz de priorización de problemas del área de drenajes agrícolas y control de inundaciones**

	Diseño de riego gravedad en la finca Cádiz.	Aumento o disminución de costos con la implementación de motores GLP.	Sondeo de pozos en las administraciones Retalhuleu e Icán.	Diseño y supervisión de instalación de un sistema de mini aspersión.
Diseño de riego gravedad en la finca Cádiz.	-----	<b>MGPP</b>	<b>SPRI</b>	<b>DSRM</b>
Aumento o disminución de costos con la implementación de motores GLP.		-----	<b>MGPP</b>	<b>MGPP</b>
Sondeo de pozos en las administraciones Retalhuleu e Icán.			-----	<b>DSRM</b>
Diseño y supervisión de instalación de un sistema de mini aspersión.				-----

Fuente: Propia.

La matriz de priorización de problemática consistió en describir en un eje superior las diferentes problemáticas y en el eje izquierdo describir las mismas problemáticas en el mismo orden en que se colocaron en el eje superior, de esta forma se pueden ir comparando

los elementos de la izquierda con los del eje superior y así marcar en el espacio medio la prioridad de un problema sobre el otro, se compararon los problemas y se determinó el nivel de prioridad de uno sobre otro, posteriormente se realiza el conteo de la frecuencia de prioridad de cada problemática.

**Cuadro 4. Clave para la realización de priorización de problemáticas**

Abreviatura	Problemática
<b>DRGC</b>	Diseño de riego por gravedad en la finca Cádiz.
<b>MGPP</b>	Aumento o disminución de costos con la implementación de motores de gas licuado de petróleo en las administraciones AGROPESA y El Chaparral.
<b>SPRI</b>	Sondeo de pozos en las administraciones Retalhuleu e Icán.
<b>DSRM</b>	Diseño y supervisión de instalación del sistema de riego mini aspersión en la finca Santa Cristina.

Fuente: Propia.

El cuadro 5 muestra el resumen de la frecuencia de prioridad de cada problemática y su nivel jerárquico.

Cuadro 5. Priorización de problemas y frecuencias.

Problemática	Nivel de priorización	Frecuencia
Debido a robo de combustible en unas fincas de la empresa se han implementado motores a gas propano, pero no se conoce si este cambio implica reducción o aumento de costos para el ingenio.	1	3
El departamento de investigación del Ingenio solicitó apoyo al departamento para la instalación de un sistema de riego por mini aspersion para un experimento en la finca Santa Cristina, la Democracia, por lo cual se necesita diseñar y supervisar la instalación del mismo.	2	2
Se necesita sondear los pozos de las administraciones Retalhuleu e Icaán para tener toda la información que concierne a dichos pozos.	3	1
Se necesita realizar el diseño de riego por gravedad para la finca Cádiz.	4	0

Fuente: Propia.

La problemática que más frecuencia de prioridad presentó fue el aumento o disminución de los costos que la implementación de los motores de gas licuado de petróleo generó en las administraciones AGROPESA El Chaparral, teniendo prioridad sobre los demás problemas detectados. Esta problemática se tomó como punto principal de investigación, el resto de problemáticas con menor prioridad se tomaron para la realización de servicios dentro del departamento de Ingeniería Agrícola.

## 1.5 CONCLUSIONES

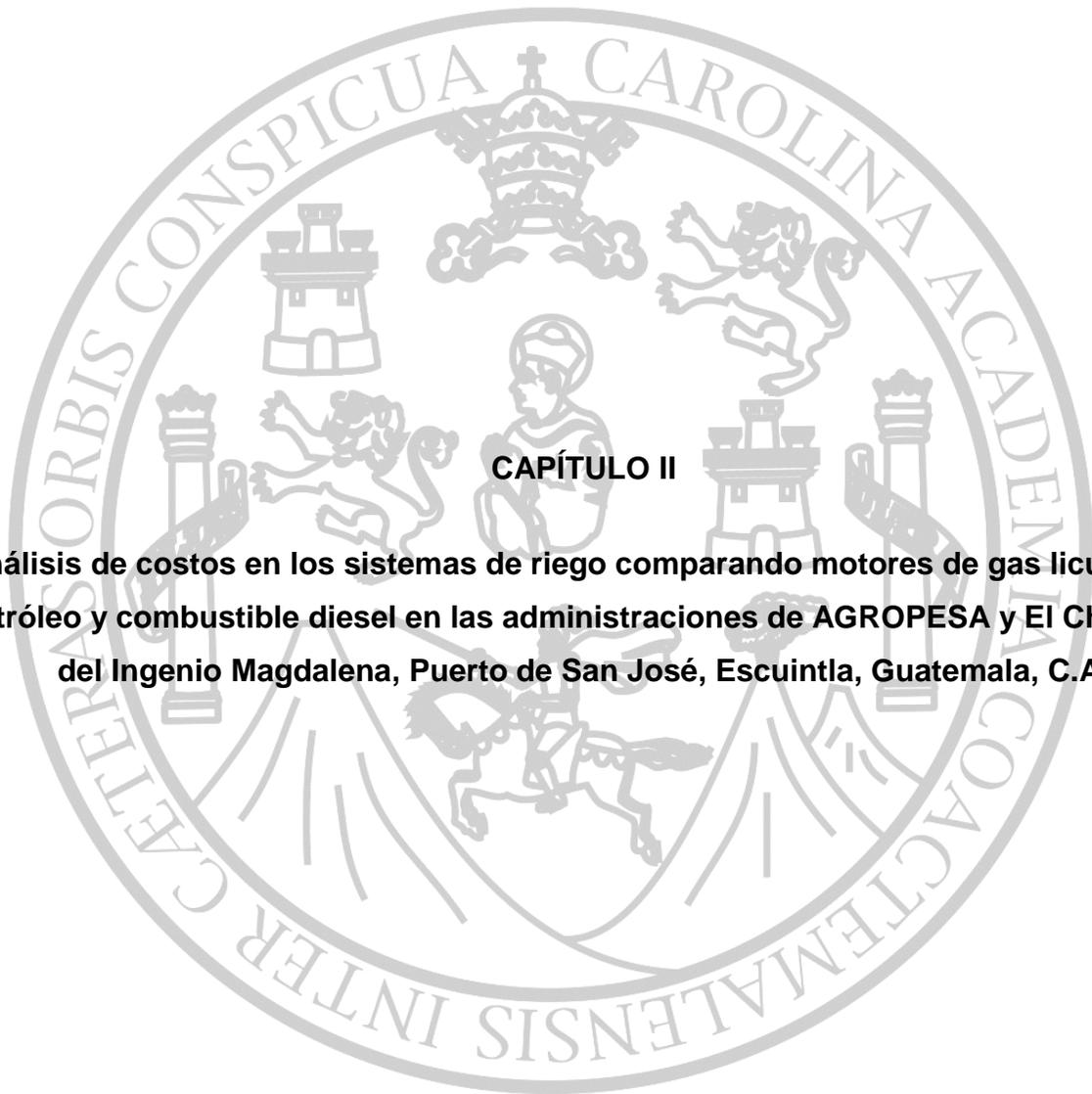
1. El área de drenaje agrícola y control de inundaciones del ingenio Magdalena cuenta con dos asistentes de campo que se encargan de asistir al jefe del área y se encargan de todo lo relacionado con el drenaje, dentro de su función esta también recomendar la contratación de empresas perforadoras de pozos y apoyar con el control de equipo y accesorios para riego en el departamento.
  
2. De acuerdo a la matriz de priorización se identificaron las siguientes necesidades:
  - 2.1 Realizar una investigación sobre los costos que se tienen con la implementación de motores de gas propano en las fincas donde se reportaron fallas en el control de combustible diesel, debido a que representa una inversión significativa para la empresa.
  
  - 2.2 Diseñar y supervisar la instalación de un nuevo proyecto de mini riego en la finca Santa Cristina, La Democracia, Escuintla, como apoyo al departamento de investigación, en cuanto a asistencia técnica y resolución de problemas que surjan con el diseño de riego y drenaje.
  
  - 2.3 Realizar un sondeo de los pozos en las administraciones Retalhuleu e Ixcán y coleccionar toda la información referente a estos pozos.
  
  - 2.4 Realizar el diseño del trazo de canales para el riego por gravedad de la finca Cádiz en Masagua a partir del plano de curvas a nivel.

## 1.6 BIBLIOGRAFÍA

1. CENGICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar, GT). 2008. Memoria: Presentación de resultados de investigación, zafra 2007-2008, Guatemala. 288 p.
2. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT), 1980, Diccionario geográfico de Guatemala, Guatemala. 4 tomos.
3. Sandoval Illescas, JE. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345 p.
4. Pinto Grotewold, JS. 2011. Diseño del sistema de riego por mini aspersión para caña de azúcar (*Saccharum spp.*), diagnóstico y servicios en la finca San Nicolás, del Ingenio Magdalena, Parcelamiento La Máquina, Cuyotengango, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 124 p



*Rolando Ramos.*



## **CAPÍTULO II**

**Análisis de costos en los sistemas de riego comparando motores de gas licuado de petróleo y combustible diesel en las administraciones de AGROPESA y El Chaparral del Ingenio Magdalena, Puerto de San José, Escuintla, Guatemala, C.A.**



## 2.1 INTRODUCCIÓN

A mediados de la temporada de zafra 2012-2013, el Ingenio Magdalena S.A. tomó la medida de sustituir diecisiete motores de riego en dos de sus administraciones de fincas, AGROPESA y El Chaparral, del área de Obero en el puerto de San José, Escuintla, al existir un descontrol de combustible diesel que representaba un incremento en sus costos.

La medida fue tomada debido a que el rendimiento de los motores se vio afectado por la mala operación, el robo de combustible que ponía en peligro la vida de los operadores y el mal control de llenado de tanques, que significa un costo elevado.

Se sustituyeron los motores de combustible diesel con motores operados con gas licuado de petróleo (GLP), pero no se conoce con exactitud el costo que genera esta implementación y aún más importante, si este costo es mayor o menor en comparación con uno de combustible diesel.

La presente investigación se realizó con el fin de establecer los costos que generaban los motores de combustible diesel con el mal control que se tenía y compararlo con el costo que generaron los motores de gas licuado de petróleo durante los últimos meses de la temporada de zafra 2012-2013, además de ser de gran utilidad para la toma de decisiones.

Se calcularon los costos en quetzales por hectárea de inversión y operación y se obtuvo el costo que se tenía por milímetro aplicado de agua, para los motores de combustible diesel y para los de gas licuado de petróleo. Se estimó, con los datos históricos de los motores de combustible diesel, la cantidad de dinero que se perdía por el mal control del mismo y con los datos de llenado de tanque de los motores de gas licuado de petróleo el beneficio por concepto de ahorro, apoyado con los rendimientos de ambos motores.

Se estableció que la implementación de los motores de gas licuado de petróleo redujo el costo por mal control de combustible en un 63% por milímetro de agua aplicado.

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 Costos y terminología de costos**

Los contadores definen el costo como el recurso que se sacrifica o se pierde para lograr un objetivo específico. Por lo general, se mide como el importe monetario que se debe pagar para adquirir bienes y servicios. Un costo real es el costo en el que se incurre (un costo histórico), que se distingue de los costos presupuestados o pronosticados. (Horngren, C; Foster, G; Datar, S. 2002)

Para guiar sus decisiones, los gerentes desean conocer cuánto cuesta algo en particular (por ejemplo, un producto, una máquina, un servicio o un proceso). A este “algo” lo denominamos objeto del costo, que es cualquier cosa de la que se desee una medición por separado de los costos. (Horngren, C; Foster, G; Datar, S. 2002)

Por lo común, un sistema de costeo representa los costos en dos etapas básicas: acumulación y después asignación. La acumulación del costo es la recopilación de información de costos en alguna forma organizada, mediante un sistema de contabilidad. Por ejemplo, una planta que adquiere rollos de papel para imprimir revistas recopila (acumula) los costos de los rollos individuales comprados en cualquier mes en particular, para obtener los costos totales mensuales de compras de papel. Tras acumularlos, los gerentes asignan los costos a objetos del costo designados para ayudar a tomar decisiones. La asignación del costo es un término general que abarca tanto la identificación de los costos acumulados con el objeto del costo, como el prorrateo de los costos acumulados a un objeto del costo. Por ejemplo, se pueden asignar costos a un departamento para facilitar las decisiones sobre la eficiencia departamental; lo mismo, se puede hacer con un producto o un cliente para facilitar el análisis del producto o de la rentabilidad del cliente. Una pregunta clave en la asignación de costos es si se relacionan de manera directa o indirecta con un objeto del costo en particular. (Horngren, C; Foster, G; Datar, S. 2002)

## **2.2.2 Costos directos e indirectos**

### **2.2.2.1 Identificación del costo y su prorrateo**

Los costos directos de un objeto del costo se relacionan con un objeto del costo en particular y se identifican con él en una forma económicamente viable (eficaz en cuanto a costos). Por ejemplo, el costo de las latas o botellas es uno directo de una bebida gaseosa. (Horngren, C; Foster, G; Datar, S. 2002)

Es sencillo identificar el costo de las latas o botellas para la bebida gaseosa con el término identificación del costo: se describe la asignación de costos directos al objeto del costo en particular. (Horngren, C; Foster, G; Datar, S. 2002)

Los costos indirectos de un objeto del costo se relacionan con el objeto del costo en particular, pero no se identifican con él en una forma económicamente viable (eficaz en cuanto a costos). Por ejemplo, el costo del personal de control de calidad, que verifica el sabor y contenido de múltiples productos de bebidas gaseosas embotelladas en una planta, es un costo indirecto de una bebida gaseosa. A diferencia de las latas y botellas, es difícil identificar los costos del personal de control de calidad para una bebida gaseosa específica. Con el término prorrateo del costo se describe la asignación de los costos indirectos al objeto del costo en particular. (Horngren, C; Foster, G; Datar, S. 2002)

### **2.2.3 Patrones de comportamiento del costo: costos variables y costos fijos**

Los sistemas de costeo registran el costo de los recursos adquiridos y dan seguimiento a su uso posterior. Registrar estos costos permite que los gerentes vean cómo se comportan. Se considera dos tipos básicos de patrones de comportamiento del costo de muchos sistemas contables. Un costo variable cambia en total en proporción a los cambios del grado relacionado de actividad o volumen total. Un costo fijo permanece sin cambios en total durante un determinado periodo, aunque se registren cambios profundos en el grado relacionado de actividad o volumen total. Los costos se definen como variables o fijos respecto de un objeto del costo específico y de un tiempo determinado. Demostraremos

estos dos tipos básicos de costos con un ejemplo del sector industrial. Considerando los costos en una planta ensambladora de autos:

- Costos variables: si la planta adquiere un volante en \$60.00 para cada uno de sus autos, el costo total de los volantes debe ser \$60.00 multiplicado por la cantidad de vehículos ensamblados. El costo total de los volantes es un ejemplo de un costo variable, un costo que cambia en total en razón de los cambios en la cantidad de autos ensamblados.
- Costos fijos: en un año determinado, la planta quizá incurra en \$20 millones por el arrendamiento y el seguro de sus plantas. Ninguno de estos costos cambia en total para una cantidad determinada de vehículos ensamblados durante un periodo determinado. Los costos fijos se reducen de forma progresiva sobre una base unitaria, según aumenta la cantidad de autos ensamblados. Por ejemplo, si en un año la planta arma 10,000 vehículos, el costo fijo de arrendamiento y seguros por vehículo sería de \$2,000 ( $\$20,000,000 / 10,000$ ). Si se ensamblan 50,000 vehículos, el costo fijo por vehículo sería de \$400 ( $\$20,000,000 / 50,000$ ).

No hay que suponer que las partidas individuales del costo son inherentemente variables o fijas. Se deben de considerar los costos de mano de obra. Un ejemplo de costos de mano de obra puramente variables es cuando a los trabajadores se les paga a destajo (cuota por pieza). A algunas trabajadoras textiles se les paga sobre la base de camisas cosidas. En contraste, los costos de mano de obra en una planta para el año siguiente se clasifican de manera apropiada como fijos, cuando un convenio con el sindicato laboral establece un sueldo y condiciones anuales sin cláusula de despidos y restringe con firmeza la flexibilidad de una organización para asignar a los trabajadores a cualquier otra planta que requiera mano de obra. (Horngren, C; Foster, G; Datar, S. 2002)

## **2.2.4 Costos totales y unitarios**

### **2.2.4.1 Utilización de promedios y costos unitarios**

Por lo general, los sistemas de contabilidad informan los importes del costo total, así como los del costo unitario promedio. El costo unitario (denominado también costo promedio) se

calcula al dividir un importe de costos totales entre la cantidad de unidades en cuestión. Las “unidades” se expresan en varias formas, como horas trabajadas, paquetes entregados o automóviles ensamblados. Suponga que en el año 2001 se incurrieron en costos de fabricación por \$40,000,000 para producir 500,000 teléfonos móviles en una planta de celulares, por tanto el costo unitario sería de \$80:

$$\frac{\text{costo de fabricación total}}{\text{cantidad de unidades fabricadas}} = \frac{\$40,000,000}{500,000} = \$80$$

Si se venden 480,000 unidades y quedan 20,000 en el inventario final, el concepto del costo unitario es útil en la asignación de los costos totales en el estado de resultados y en el balance general. (Horngren, C; Foster, G; Datar, S. 2002)

En todas las áreas de la cadena de valor hay costos unitarios: el costo unitario del diseño de productos, el de las llamadas para ventas y de las llamadas de clientes para servicios. (Horngren, C; Foster, G; Datar, S. 2002)

## **2.2.5 La información y el proceso de decisión**

Con frecuencia los gerentes siguen un método, denominado modelo de decisión para elegir entre diferentes cursos de acción. Un modelo de decisión es un método formal para hacer una elección, que a menudo incluye análisis tanto cuantitativos como cualitativos. A los accionistas les agradaría que los gerentes eligieran las acciones que más favorecieran sus intereses. Los contadores gerenciales trabajan con los gerentes, al presentar y analizar la información relevante que sirva de guía para las decisiones. (Horngren, C; Foster, G; Datar, S. 2002)

## **2.2.6 El Significado de la relevancia**

### **2.2.6.1 Costos relevantes e ingresos relevantes**

Los costos relevantes e ingresos relevantes son los costos o ingresos futuros esperados que difieren entre los cursos de acción que se examinan. Los dos aspectos fundamentales de esta definición son que, para ser relevantes, los costos y los ingresos tienen que ocurrir en el futuro y que tienen que diferir entre los diferentes cursos de acción que se examinan. Nos

concentraremos en el futuro porque cada decisión se relaciona con la selección de cursos de acción para el futuro. No se puede hacer nada para modificar el pasado. (Horngren, C; Foster, G; Datar, S. 2002)

Asimismo, los costos y los ingresos futuros tienen que diferir entre las opciones. ¿Por qué? Porque los costos y los ingresos que no difieren no tendrán relevancia y, por consiguiente, no influirán en la decisión que se tome. La pregunta clave siempre es: ¿qué diferencia provocará una acción?

Los costos pasados que son inevitables porque no se pueden cambiar sin importar la acción que se lleve a cabo se conocen como costos hundidos. (Horngren, C; Foster, G; Datar, S. 2002)

#### **2.2.6.2 Información cualitativa y cuantitativa relevante**

Dividimos las consecuencias de las opciones en dos amplias categorías: cuantitativas y cualitativas. Los factores cuantitativos son resultados que se miden en términos numéricos. Algunos factores cuantitativos son financieros, es decir, se expresan en términos financieros. Entre los ejemplos se encuentran los costos de los materiales directos, la mano de obra directa y el marketing. Otros factores cuantitativos no son financieros, es decir, se pueden medir numéricamente pero no se expresan en términos financieros. La reducción del tiempo de desarrollo de los productos, para una compañía manufacturera, y el porcentaje de vuelos que llegan a tiempo, para una aerolínea, son ejemplos de factores cuantitativos no financieros. Los factores cualitativos son resultados que no se pueden medir en términos numéricos. Un ejemplo es la moral de los empleados. (Horngren, C; Foster, G; Datar, S. 2002)

Por lo general, el análisis del costo relevante insiste en los factores cuantitativos que se expresan en términos monetarios. Pero no sólo porque los factores cualitativos y cuantitativos no financieros no se midan con facilidad en términos monetarios dejan de ser por ello relevantes. En ocasiones los gerentes tienen que dar más peso a estos factores.

Los costos pasados (históricos) quizá sean útiles como base para hacer predicciones. Sin embargo, los costos pasados en sí mismos siempre son irrelevantes al tomar decisiones.

Se pueden comparar diferentes opciones al examinar las diferencias en los ingresos y costos totales futuros esperados. (Horngren, C; Foster, G; Datar, S. 2002)

No todos los ingresos y costos futuros esperados son relevantes. Los ingresos y costos futuros esperados que no difieren entre las opciones son irrelevantes y, por consiguiente, se eliminan del análisis. La pregunta clave siempre es: ¿qué diferencia habrá?

Se debe dar el peso adecuado a los factores no financieros cualitativos y cuantitativos. (Horngren, C; Foster, G; Datar, S. 2002)

### **2.2.7 Generalidades del gas licuado de petróleo**

El gas licuado de petróleo, al que llamaremos simplemente por sus siglas como GLP, tiene su origen en el tratamiento que se le da al petróleo crudo y/o al gas natural en sus fases de refinamiento. (André Sarmiento, OB. 2005)

Los hidrocarburos cuyos componentes son hidrógeno y carbono, se presentan bajo tierra tanto en estado líquido como estado gaseoso. Se formaron en el transcurso de millones de años, cuando grandes masas de materiales orgánicos quedaron atrapadas bajo la tierra, estas, con la acción de altas presiones y temperaturas, se fueron transformando en petróleo crudo (hidrocarburo líquido) y en gas natural (hidrocarburo gaseoso). (André Sarmiento, OB. 2005)

El gas natural se le puede hallar disuelto en el petróleo crudo como gas asociado, en pozos donde el producto dominante es el petróleo.

También lo podemos encontrar como gas libre no asociado donde el producto dominante es el gas o en mezclas de hidrocarburos, tanto gaseosos como líquidos en los llamados pozos de condensados. (André Sarmiento, OB. 2005)

El GLP es la mezcla de gases de petróleo producidos ya sea por pozos petrolíferos o gasíferos. Estos gases se procesan en una planta de refinación, obteniéndose como resultado el GLP. (Riquiac Ramírez, MA. 2011)

Los gases licuados del petróleo son hidrocarburos compuestos principalmente de propano y butano, que en mayor o menor proporción acompañan al petróleo crudo y al gas natural; además de isobutano y etano en pequeñas cantidades. (Riquiac Ramírez, MA. 2011)

El mercado del gas propano en Guatemala ha sido dominado por 2 empresas: Zeta Gas y Tomza (Tropigas, la pionera), propiedad de los hermanos mexicanos Miguel y Tomás Zaragoza respectivamente, quienes controlan este negocio desde principios de los años 60. (Álvarez, L. 2012)

Zeta Gas concentra el 56.76 por ciento de las importaciones de GLP en 2011, según las estadísticas del Ministerio de Energía y Minas (MEM), mientras que Tomza y sus empresas afiliadas Tropigas, Gas Metropolitano y Guategas controlan el 34.51 por ciento (20.23 por ciento, 12.10 por ciento y 2.18 por ciento respectivamente). El 8.6 por ciento restante lo captura la empresa Global Gas. (Álvarez, L. 2012)

**Cuadro 6. Propiedades físicas del GLP y sus componentes propano y butano**

Nombre	Propano	Butano	Mezcla 70-30
Fórmula Química	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	
Gravedad Específica (líquido)	0.508	0.584	0.531
Gravedad Específica (vapor)	1.522	2.006	1.667
Temperatura de Ebullición	- 42.1 °C	- 0.5 °C	- 162.2 °C
Temperatura Máxima de la Llama	1925 °C	1895 °C	1916°C
Límites de Inflamabilidad (% en aire gas)	9.5 2.4	8.4 1.9	9.2 2.2
Aire para la Combustión	24 x 1	31 x 1	26 x 1
Poder Calorífico			
BTU/Kg (líquido)	47,659	46,768	47,392
BTU/litro (líquido)	24,238	27,432	25,196
Kcal/litro (líquido)	6,105	6,910	6,347

BTU/m <sup>3</sup> (vapor)	91,000	119,000	99,000
Kcal/ m <sup>3</sup> (vapor)	23,000	30,000	25,000
Metros Cúbicos de vapor por Galón de líquido	1.032	0.900	0.99
Litros de vapor por litro de líquido	272.72	237.93	262

Fuente: Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil Ecuador.

### 2.2.8 Usos y aplicaciones del gas licuado de petróleo

Dentro de las principales ventajas que tiene el uso del GLP sobre otros combustibles, se deben mencionar: limpieza, economía, alto poder calorífico, fácil manejo y transporte, seguridad en su uso, razones por las cuales el uso del GLP es cada vez mayor en el ámbito industrial, comercial y doméstico. Por su forma de almacenaje, forma líquida a alta presión pero se evapora al pasar por la alimentación, lo hace menos propenso a robos. (André Sarmiento, OB. 2005)

En el sector industrial, se destaca el uso del GLP en: metal-mecánica, cerámica, industria alimenticia, textil, cría de aves, galvanizado, laboratorio, agricultura, etc.

Las aplicaciones más importantes en este sector se dan en:

1. Hornos estacionarios y continuos.
2. Calderas.
3. Equipos de corte y soldadura de metales.
4. Quemadores industriales.
5. En sopletes y mecheros.
6. Secadoras.
7. Incubadoras.
8. Incineradores y crematorios.
9. Montacargas y vehículos.
10. Funcionamiento de Motores para sistemas de riego.

En el sector comercial, se destaca el uso del GLP en: Panaderías, locales de expendio de alimentos, lavanderías, etc. Las aplicaciones más importantes en este sector se dan en:

1. Hornos.
2. Secadoras de ropa.
3. Cocinas industriales.
4. Calentadores (Self service).

En el sector doméstico, se destaca el uso del GLP en: viviendas unifamiliares, viviendas multifamiliares, edificios, piscinas, saunas, etc. (André Sarmiento, OB. 2005)

Las aplicaciones más importantes en este sector se dan en:

1. Cocinas.
2. Secadoras de ropa.
3. Calentadores de agua.
4. Calefactores.
5. Calderos.
6. Lámparas.

### **2.2.9 Motores a GLP**

Los motores a GLP son similares a sus equivalentes de combustible diesel, pero difieren en los sistemas de almacenamiento y alimentación de combustible al motor. El GLP es un gas en condiciones normales de presión, pero se licua al someterlo a una presión relativamente baja (unos 10 bares). El almacenamiento del GLP en los motores se hace en estado líquido, aunque su combustión en el motor se realiza en estado gaseoso. (Mendoza, D. 2013)

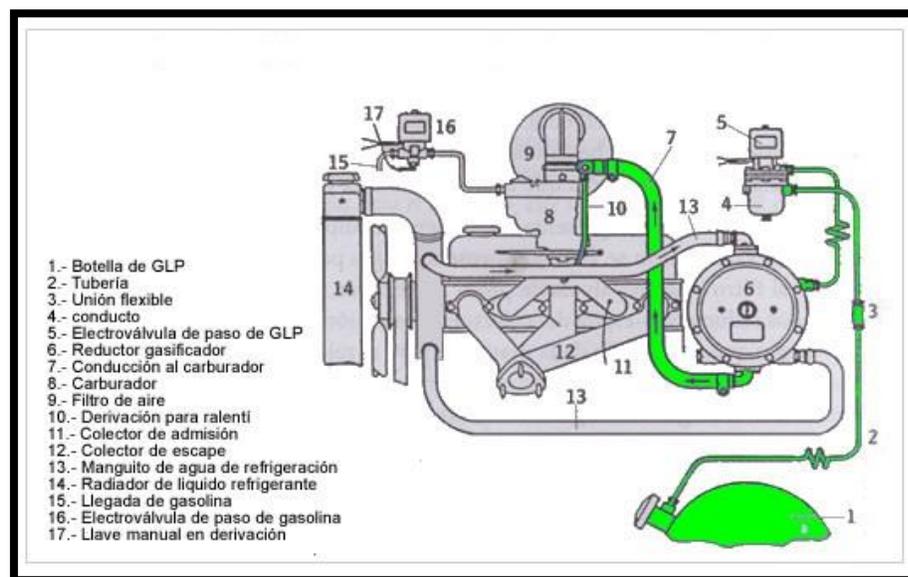
El rendimiento y la potencia de los motores a GLP son parecidos a los de sus equivalentes de diesel y a la hora de operarlos, se aprecian pocas diferencias entre ambos. (Mendoza, D. 2013)

La mayoría de los depósitos de GLP son cilíndricos y se ubican en los costados del equipo, normalmente de 1,000 a 1,200 galones de capacidad. (Mendoza, D. 2013)

La mayoría de motores gasolina, como en los vehículos, pueden transformarse para que puedan funcionar también con GLP, mientras que en los diesel no es económicamente viable, por las dificultades técnicas que entraña el instalar bujías, cambiar la relación de compresión, además de otros cambios necesarios. (Mendoza, D. 2013)

### 2.2.10 Descripción de un motor de GLP

El motor 4.3L V6 con PTO, de GLP, cuenta con un tamaño y peso con ventajas para la industria en relación a la potencia. La figura 2 muestra las partes de la alimentación de un motor de GLP para la industria. (Mendoza, D. 1013)



Fuente: Revista Semanal Aficionados a la Mecánica (Mendoza, D. 2013)

**Figura 2. Equipo de alimentación de un motor GLP.**

Adicional a las partes de alimentación del motor GLP, cuentan con un tablero para operar el motor, estos tableros están presentes tanto en un motor GLP como en uno de combustible diesel. La figura 3 muestra las partes del tablero controlador.



Fuente: Propia

**Figura 3. Partes del tablero controlador de un motor para riego.**

### **2.2.10.1 Ignición**

El botón de ignición emite la chispa que da inicio a la reacción química dentro del motor para que comience el motor a funcionar. (Mendoza, D. 2013)

### **2.2.10.2 Acelerador**

El acelerador es un tornillo que se va apretando con una rosca y aumenta la cantidad de combustible que llega al motor para que aumenten las revoluciones. (Mendoza, D. 2013)

### **2.2.10.3 Odómetro**

El odómetro lleva la cuenta de horas que el motor trabaja así como las revoluciones por minuto a las que está operando en el momento de la lectura. (Mendoza, D. 2013)

#### **2.2.10.4 Pre calentamiento**

El botón de pre calentamiento hace funcionar a las bujías que ayudan a arrancar al motor cuando el conmutador de arranque se encuentra en encendido y la temperatura del motor es muy baja para que las bujías funcionen por si solas. (Mendoza, D. 2013)

#### **2.2.10.5 Paro de emergencia**

Su función es la de parar el funcionamiento del motor cuando el operador detecta un fallo que es ajeno al motor, como por ejemplo el fallo del sistema de riego. (Mendoza, D. 2013)

#### **2.2.10.6 Sistema Murphy de seguridad**

Los indicadores de amperaje y los de presión de combustible y aceite, cuentan con un sistema de seguridad denominado "Murphy", que es un cable conductor que está conectado al paro de emergencia; cuando el amperaje aumenta o disminuye drásticamente, al igual que la presión de aceite y/o combustible, la aguja hace contacto con el cable conductor, se cierra el sistema y se acciona el paro de emergencia automáticamente. Esto es para evitar accidentes de operación por fallo del operador del motor. (Mendoza, D. 2013)

#### **2.2.11 Ventajas desde el punto de vista ambiental de los motores de GLP**

Los motores a GLP presentan ventajas medioambientales, con emisiones inferiores de contaminantes que sus análogos de gasolina y gasóleo, al tener unas emisiones contaminantes de nitratos, dióxidos y monóxidos de carbono, y partículas inferiores a los de los carburantes convencionales (gasolinas y gasóleos) y unas emisiones de CO<sub>2</sub> inferiores a los de gasolina y similares. (Comisión internacional del cambio climático, 2012)

Para poder calcular la cantidad de kilogramos de dióxido de carbono emitidos por un combustible fósil, se debe de multiplicar el rendimiento que la maquinaria tiene por el factor de conversión dado por la comisión internacional del cambio climático.

**Cuadro 7. Factores de conversión para el cálculo de emisiones de dióxido de carbono para algunos combustibles**

Combustible	Fórmula de combustión	Densidad kg/litro	Emisiones kgCO <sub>2</sub> /litro
Gasolina	$2 C_8H_{18} + 25 O_2 \rightarrow 16 CO_2 + 18 H_2O + 2636 \text{ kcal}$	0.7197 kg/litro	3.30 kgCO <sub>2</sub> /litro
Diesel	$4 C_{12}H_{23} + 71 O_2 \rightarrow 48 CO_2 + 46 H_2O + \text{energy}$	0.832 kg/litro	3.19 kgCO <sub>2</sub> /litro
GLP Butano + Propano	$C_3H_8 + 5 O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4 H_2O + 531 \text{ kcal}$	0.52 kg/litro	2.96 kgCO <sub>2</sub> /litro
Metano CH <sub>4</sub>	$CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O + 891 \text{ kJ/mol}$	0.416 kg/litro	2.75 kgCO <sub>2</sub> /litro
Metanol CH <sub>3</sub> OH	$CH_3OH + 3/2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O + \text{energy}$	0.7918 kg/litro	1.38 kgCO <sub>2</sub> /litro
Etanol C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	$C_2H_5OH + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 3 H_2O + \text{energy}$	0.789 kg/litro	1.51 kgCO <sub>2</sub> /litro
Biodiesel C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	$C_{19}H_{34}O_2 + (53/2) O_2 \rightarrow 19 CO_2 + 17 H_2O + \text{energy}$	0.889 kg/litro	2.84 kgCO <sub>2</sub> /litro
Biodiesel C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	$C_{20}H_{40}O_2 + 29 O_2 \rightarrow 20 CO_2 + 20 H_2O + \text{energy}$	0.884 kg/litro	2.82 kgCO <sub>2</sub> /litro

Fuente: Comisión Internacional del Cambio Climático (ONU)

### 2.2.12 Motores utilizados en el Ingenio Magdalena

El Ingenio Magdalena utiliza motores que funcionan con combustible diesel y motores de gas licuado de petróleo para el riego de caña de azúcar.

En las administraciones AGROPESA y El Chaparral utilizan, de los motores de combustible diesel, el John Deere™ 4045TF250 y de gas licuado de petróleo el motor Vortec + PTO 4.3 L GMC.

### 2.2.13 Aspectos técnicos comunes de los motores de riego

#### 2.2.13.1 Potencia Nominal

Es el régimen de potencia para aplicaciones de carga y velocidad variable donde la potencia nominal se requiere de manera intermitente.

#### 2.2.13.2 Potencia Continua

Régimen de potencia para aplicaciones que operan baja carga y velocidad constantes durante largos períodos de tiempo.

### **2.2.13.3 Torque Máximo**

Es la mayor cantidad de fuerza de giro que puede hacer el motor. Mientras mayor sea el torque máximo de un motor, puede hacer girar más el eje de cardán del mismo.

### **2.2.14 Motor 125 hp, serie 4045TF250 Diesel**

El motor 4045TF250 es un motor con una potencia de 98 hp operando a 1800 revoluciones por minuto que es la cantidad de revoluciones óptima en relación a trabajo, desgaste y consumo de combustible. Cuenta con cuatro cilindros en línea, de cuatro tiempos con aspiración turbo cargada. (John Deere, 2013, Manual del fabricante)

#### **Potencia Nominal**

Intermitente: 125 hp a 2400 rpm

Continua: 113 hp a 2400 rpm

#### **Vida útil (hasta próximo servicio)**

36,000 horas – 98 hp – 1800 rpm

#### **Torque Máximo**

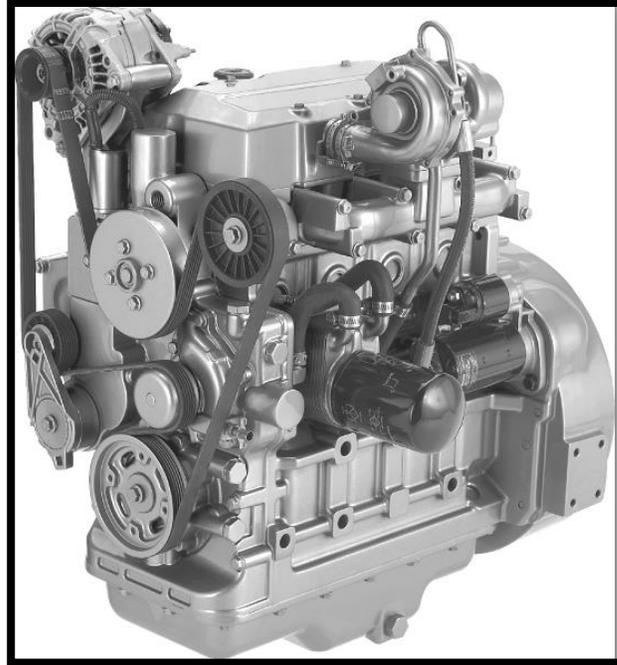
Intermitente: 328 lb-ft a 1400 rpm

#### **Costo**

\$14,500.00 - \$15,800.00

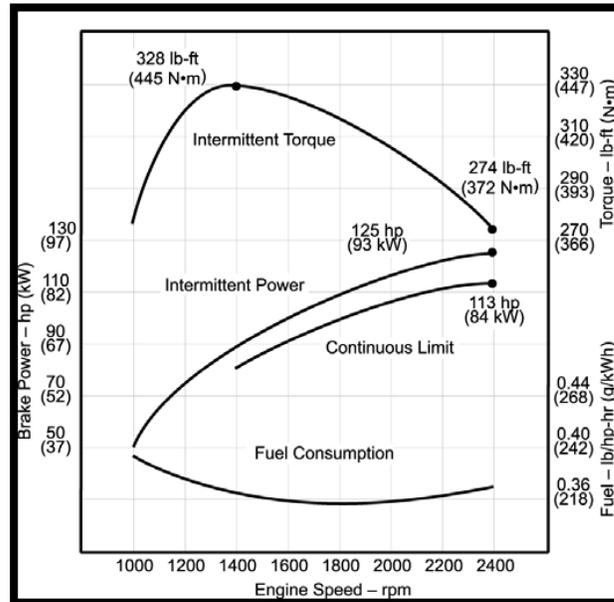
#### **Rendimiento (curva de desempeño en condiciones ideales)**

22.35 lts/hora ó 5.91 gal/hora



Fuente: Manual del fabricante.

**Figura 4. Motor serie 4045TF250 de 125 hp**



Fuente: Manual del fabricante.

**Figura 5. Curva de desempeño motor 4045TF250**

### 2.2.15 GMC Vortec 4.3L V6 + PTO GLP

El motor Vortec 4.3 L es un motor que utiliza gas licuado de petróleo. Tiene una potencia de 95 hp operando a 2000 revoluciones por minuto donde la relación de consumo de combustible y potencia es óptima. Cuenta con seis válvulas en V, con un tamaño de cilindros de 4,300 centímetros cúbicos. (General Motors Company, 2011, Manual del fabricante)

#### **Potencia Nominal**

Continua: 183 hp a 4000 rpm.

#### **Torque Máximo**

Intermitente: 247 lb-ft a 2800 rpm.

#### **Costo**

\$8,000.00 - \$10,000.00

#### **Vida útil (hasta próximo servicio)**

32,000 horas -2000 rpm – 95 hp

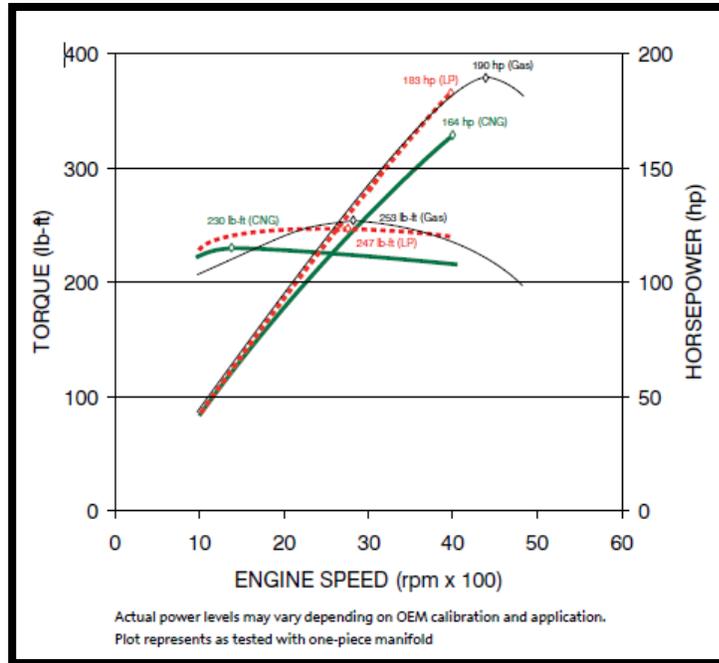
#### **Rendimiento (curva de desempeño a 2000 rpm)**

20.8 lts/hora ó 5.5 gal/hora



Fuente: Manual del fabricante

**Figura 6. Motor Vortec 4.3L V6 + PTO a GLP**



Fuente: Manual del fabricante.

Figura 7. Curva de desempeño Motor Vortec 4.3L V6 + PTO a GLP

El cuadro 8 muestra el resumen de las propiedades más relevantes de los motores de gas licuado de petróleo y de los motores de combustible diesel.

Cuadro 8. Resumen de las propiedades de los motores de gas licuado de petróleo y de combustible diesel.

Propiedades	Motor Vortec PTO 4.3 L	Motor 4045TF250
Fabricante	General Motors Company	John Deere
Combustible	Gas licuado de petróleo	Combustible diesel
Potencia Nominal	183 hp a 4000 rpm	125 hp a 2400 rpm
Torque Máximo	247 lb-ft a 2800 rpm	328 lb-ft a 1400 rpm
Potencia Ideal	95 hp a 2000 rpm	98 hp a 1800 rpm
Vida Útil	32,000 horas a 2000 rpm	36,000 horas a 1800 rpm
Rendimiento	20.8 lts/hora ó 5.5 gal/hora	22.35 lts/hora ó 5.91 gal/hora

Fuente: Propia

## **2.3 Marco REFERENCIAL**

### **2.3.1 Descripción del área**

#### **2.3.1.1 AGROPESA**

La administración AGROPESA comprende un conjunto de fincas, todas propiedad de la empresa Agropecuaria de Guatemala S.A. y arrendadas al Ingenio Magdalena.

Entre las fincas que están bajo esta administración, se encuentran Santa Irene, Montaña Larga, San Carlos Las Flores, Candelaria, La Promesa, Elycar, Frisia, Líbano, San Carlos Rosario, La Conquista y Corral Blanco, que están en la jurisdicción de El Puerto de San José y operan con motores de gas licuado de petróleo.

La administración AGROPESA cuenta con otras fincas, además de las mencionadas en el párrafo anterior, operando con motores de combustible diesel y con riego de gravedad.

#### **2.3.1.2 El Chaparral**

Al igual que AGROPESA, la administración El Chaparral cuenta con diversas fincas, la diferencia es que éstas son propiedad del Ingenio Magdalena, de las cuales ocho están siendo regadas con motores de gas licuado de petróleo.

Otra diferencia entre estas fincas y las de AGROPESA, es que son motores estacionarios, están anclados a una base cerca de la fuente de agua (pozo, noria o quinel) y en la administración El Chaparral, esas ocho fincas son regadas únicamente con dos motores o motobombas que tienen la característica de ser móviles.



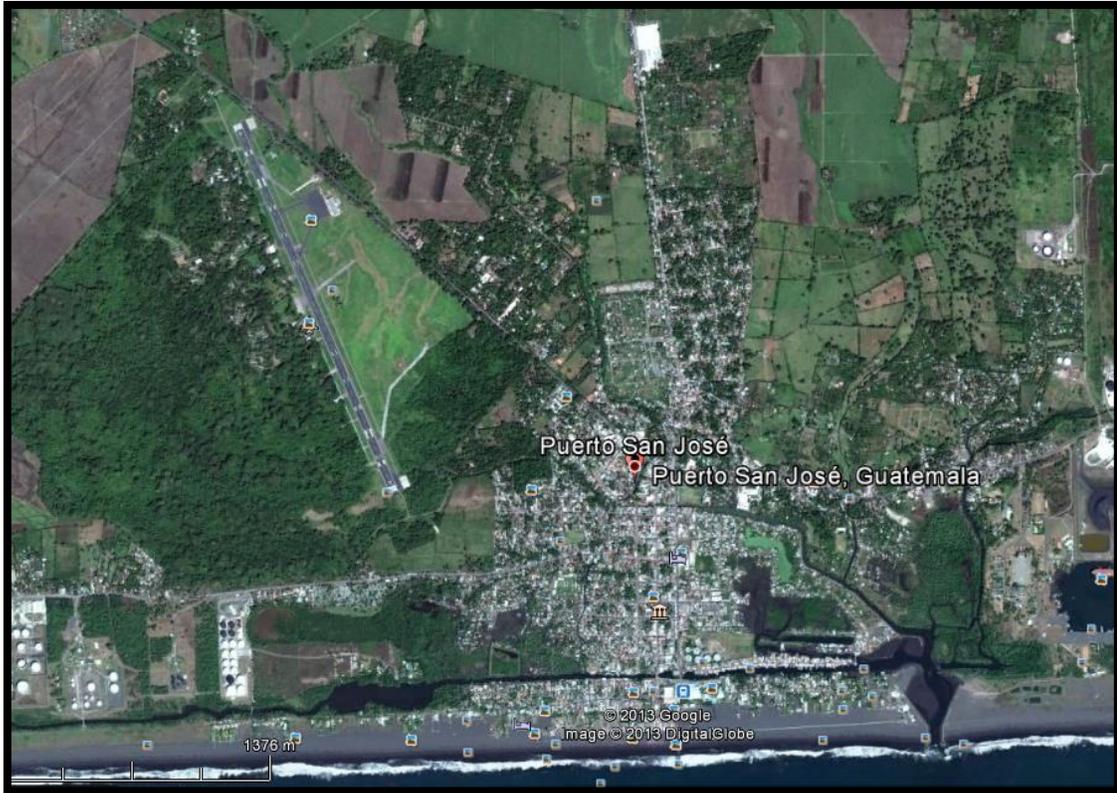
Fuente: Propia.

**Figura 8. Fotografía aérea de las administraciones El Chaparral y AGROPESA**

### **2.3.2 Localización**

La planta procesadora de caña de azúcar del Ingenio Magdalena S.A. se encuentra ubicada en el km. 99.5 ruta a Sipacate, interior finca Buganvilia, La Democracia, Escuintla, en las coordenadas geográficas latitud  $14^{\circ} 07' 12''$  Norte y longitud  $90^{\circ} 55' 48''$  Oeste, con una altura promedio de 57 m.s.n.m. (Pinto Grotewold, JS. 2011)

El municipio de Puerto de San José se encuentra a una distancia de 47.3 km de la cabecera departamental Escuintla. Sus límites son: al norte se encuentran los municipios de La Democracia y Masagua, al este se encuentran el municipio de Iztapa y La Democracia, al oeste se encuentran los municipios de La Gomera y Masagua y al sur se encuentra el Océano Pacífico. (Ramos Maldonado, FJ. 2006)



Fuente: Propia.

**Figura 9. Fotografía aérea de Puerto de San José, Escuintla.**

### **2.3.3 Condiciones climáticas**

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Guatemala, realizado por de la Cruz basado en el sistema de Holdridge, las administraciones AGROPESA y el Chaparral se encuentran ubicadas en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical cálido (bmh-S (c)), que se caracteriza por mantener una precipitación anual promedio de 1696 milímetros, con una temperatura promedio entre 15 y 38 grados Celsius. (Pinto Grotewold, JS. 2011)

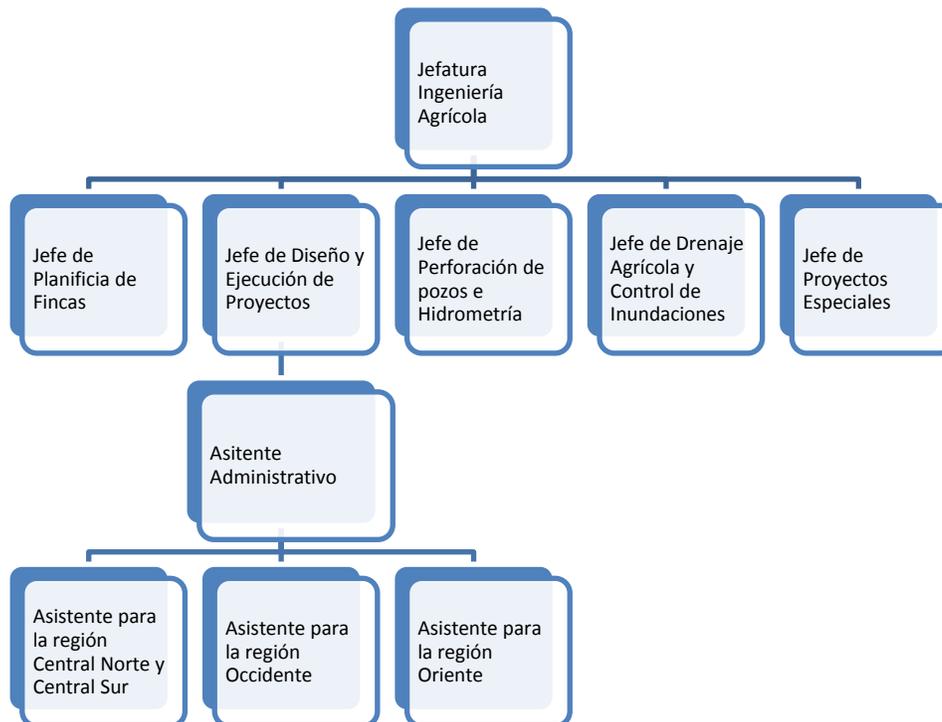
### **2.3.4 Divisiones del ingenio**

Cuenta con 60, 000 hectáreas bajo su administración y opera en varias áreas de trabajo siendo: Campo, obra civil, MAGRISA (Maquinaria Agrícola S.A), Fábrica y Control Administrativo.

Dentro del área de campo, existe el departamento de ingeniería agrícola, que tiene la gran responsabilidad de establecer los sistemas de riego en las distintas fincas para elevar la producción, además de mejorar las condiciones del cultivo por medio de elaboración de drenajes y evacuación de agua de zonas inundadas y darle manejo a los productos especiales, tales como la vinaza y la cachaza. (Pinto Grotewold, JS. 2011)

### 2.3.5 Organigrama del departamento de Ingeniería Agrícola

Cuadro 9. Organigrama del departamento de Ingeniería Agrícola.



Fuente: Tesis de grado. Pinto Grotewold, JS. 2011.

### 2.3.6 Drenaje Agrícola y Control de Inundaciones

El área de de drenaje agrícola y control de inundaciones se encarga de programar y requerir el personal para la realización de los drenajes y labores relacionadas con la elaboración de drenaje, además de apoyar, si fuera necesario, con la contratación de empresas perforadoras de pozos y llevar control de maquinaria necesaria como motores para riegos y drenajes, tubería, etc.

### 2.3.7 Antecedentes de riego en el Ingenio Magdalena

El riego en la caña de azúcar ha sido de vital importancia en la producción de azúcar de primera calidad, ha crecido de gran manera en los últimos años yendo a la vanguardia en cuanto a tecnología de riego.

El ingenio Magdalena ha llevado el riego a muchas partes del mismo, teniendo en la actualidad más de 60,000 hectáreas con sistemas de riego implementados en diferentes formas como son el de aspersión por cañón, mini aspersión, por gravedad y mecanizado. (Pinto Grotewold, JS. 2011)

Para la zafra 2012-2013 se tuvieron dos proyectos de riego por goteo, siendo esto una completa innovación en cuanto a tecnología para caña de azúcar, esperando tener buenos resultados en base a experiencias en otros países como Cuba y República Dominicana.

Registrados como proyectos entregados de riego, se tiene un área total regada de 46,113 hectáreas, las cuales están divididas en:

- Aspersión: 9,068 ha.
- Gravedad: 7,042 ha.
- Gravedad con bombeo: 1,024 ha.
- Mini aspersión: 25,205 ha.
- Pivote: 1,126 ha.
- Avance (frontal y pivote): 2,549 ha.
- Goteo: 97 ha.

El riego por mini aspersión ha sido adoptado, de buena manera, desde su primera implementación en el 2006 por sus buenos resultados observados en campo y alta eficiencia. (Pinto Grotewold, JS. 2011). El cuadro 10 muestra los aspectos de operación con los que opera un sistema de mini aspersión, tomando en cuenta una vida útil esperada de 36000 horas operando y de 10 años de vida útil según el fabricante.

**Cuadro 10. Aspectos técnicos de la operación de un sistema de riego mini aspersión.**

Tiempo de Riego (Horas)	12
Área Regada por Cambio (Ha)	4.32
Movimientos por día	2
Horas trabajadas por día (Horas)	24
Área Regada por día (Ha)	8.64
Jornales	4
Hectáreas por Jornal (Ha)	2.16
Carga dinámica total (m)	51
Hf del lateral (m)	38.89
Hf de la principal (m)	12.86
Hp del motor	68.75
Caudal del Aspersor (gpm)	4.4
Presión de operación (psi)	45
Diámetro de mojado (mts)	30
Intensidad de riego (mm/hr)	4.63
Coefficiente Uniformidad Aspersor (%)	85.08
Distancia entre aspersores (m)	12
Distancia entre laterales (m)	18
Caudal del aspersor (m <sup>3</sup> /hr)	1
Número de aspersores	200
Número de laterales	10
Área regada por aspersor (ha)	0.00216
Tiempo de riego por hectárea (hr/ha)	2.77
Lámina aplicada (mm)	55
Frecuencia de riego (días)	12
Regadores por turno	2

Fuente: Sandoval Illescas, JE. 1989.

De las de 25,205 hectáreas de caña de azúcar que el ingenio magdalena riega con mini aspersión, 1,503.39 hectáreas de caña de azúcar comprendidas en 17 fincas, pertenecen a las administraciones AGROPESA y El Chaparral, en estas fincas se presentaban los problemas con el control del combustible para los motores de riego y se veía reflejado en las fichas de llenado de tanque. El consumo de combustible era exagerado, por diversos motivos como es la mala operación de sus regadores, alguna posible fuga en los sistemas de combustible, robo de diesel directamente del tanque que traía peligro a los operadores, etc.

A pesar de los esfuerzos por capacitar a los operadores y regadores de estas administraciones, el consumo de combustible no disminuyó, los casos de robo y denuncias de los operadores incrementaron, se reportaban llenados de tanque de hasta 600 galones que se consumían en menos de una noche, por lo que se decidió hacer una prueba con 17 motores que funcionaban con gas licuado de petróleo.

A partir de enero del año 2013 se empezaron a sustituir estos motores que daban dicha problemática, obteniendo como primera respuesta al cambio el descenso de robo de combustible, sumando a esto la capacitación del personal regador. El gas licuado de petróleo utilizado es abastecido por un proveedor externo, por lo mismo, provee el tanque para el combustible y se encarga del llenado del mismo.



Fuente: Propia.

**Figura 10. Instalación de un tanque de gas licuado de petróleo por la empresa proveedora**

## **2.4 OBJETIVOS**

### **2.4.1 General**

Desarrollar un análisis de costos para los sistemas de riego comparando motores de gas licuado de petróleo y motores de combustible diesel en las administraciones AGROPESA y El Chaparral del Ingenio Magdalena.

### **2.4.2 Específicos**

1. Establecer el costo de operación e inversión de cada sistema de riego operado con motores de gas licuado de petróleo y los motores sustituidos de combustible diesel, haciendo una comparación de costos e inversión entre un motor y otro.
2. Obtener los rendimientos de los motores operados con gas licuado de petróleo y diesel en cuanto a consumo de combustible por tiempo de operación y establecer el costo unitario total por milímetro de agua aplicado para ambos casos.
3. Determinar los beneficios financieros por concepto de ahorro para cada uno de los sistemas de riego operados con motores de combustible diesel y motores de gas licuado de petróleo y calcular la cantidad de kilogramos de CO<sub>2</sub> emitidos por los mismos.



Se necesitó tomar información de este tipo ya que la operación es variada dentro del ingenio, ésta puede ser fija (motores fijos), portátil (motobombas móviles), pivote fijo o pivote frontal (móvil), y están ligados directamente con la fuente de agua y la topografía, motor fijo se instala con una fuente de agua proveniente de un pozo mecánico y una motobomba se utiliza desde una fuente de agua como río, quinel o noria. El sistema utilizado puede ser mini aspersión, aspersión, pivote central y avance frontal, estos últimos dos mecanizados, que dependen de la topografía del lugar.

Se estuvo presente en los llenados de tanque de combustible para tener la cantidad de galones que se cargaban al tanque y el costo que en ese momento manejaba el proveedor por galón, como se muestra en la figura 11.



Fuente: Propia.

**Figura 11. Entrevista a los operadores y encargados de llenado de tanque de gas licuado de petróleo.**

Las entrevistas a los regadores también proporcionaron información, si existiera, el asalto al tanque de combustible, el paro del motor por algún desperfecto, la existencia de alguna fuga

que pudiera alterar el rendimiento de los mismos. También se recabó información de esta naturaleza sobre los motores de combustible diesel que fueron sustituidos.

Posterior al llenado de tanque, se tomó la cantidad de horas que llevaba trabajadas el motor al momento del llenado en el odómetro. Se visitaba el motor en el siguiente llenado de tanque y se tomaba de nuevo la cantidad de galones que se cargaban al tanque y la cantidad de horas trabajadas al momento de ese llenado. La resta de las horas anteriores con las del momento del llenado nos dan las horas que trabajó el motor con la cantidad de galones cargados. Esto nos da un rendimiento por llenado de tanque.

Estas visitas se realizaron mediante una planificación con la cooperación del encargado de llenado de tanque de cada motor, llegando a los motores que tenían llenado de tanque cada día. No todos los motores tenían el llenado de tanque el mismo día, aproximadamente cada 4 días se programó la visita en cada motor. Se llevó a cabo esta actividad hasta el día en que se paró el riego debido al final de la zafra 2012-2013, que fue entre los días del 10 al 20 de abril.

Se entrevistó al encargado de llenado de tanques de combustible diesel del ingenio quien proporcionó la información de llenado de tanque de los motores que fueron sustituidos en las administraciones AGROPESA y El Chaparral, los cuáles operaron hasta los días comprendidos entre el 1 de enero al 5 de enero del 2013.

### **2.6.3 Fase de análisis de información**

#### **2.6.3.1 Rendimientos y costos por hora trabajada**

Se procedió a calcular el rendimiento para cada uno de los motores de GLP y motores de combustible diesel que fueron sustituidos con el inventario realizado en las diferentes visitas, restando la cantidad de horas trabajadas al momento del llenado de tanque con la cantidad de horas trabajadas al momento del llenado anterior, obteniendo la cantidad de horas trabajadas.

$$\text{Odómetro anterior} - \text{Odómetro actual} = \text{Horas trabajadas}$$

Posteriormente se dividió la cantidad de galones ocupados para el llenado del tanque entre las horas trabajadas obteniendo el rendimiento en galones por hora para cada motor.

$$\frac{\text{Cantidad galones}}{\text{Horas trabajadas}} = \text{Rendimiento (gal/hr)}$$

Con la cantidad de galones trabajados por hora se pudo obtener el costo por hora trabajada, multiplicando el rendimiento por el costo por galón de combustible.

$$\text{Rendimiento (gal/hr)} \times \text{Costo por galón} = \text{Costo por hora trabajada (Q/hr)}$$

Se promedió el rendimiento y el costo por hora trabajada de cada uno de los motores para obtener un dato general.

### **2.6.3.2 Comparación de costos, inversión y cálculo de costo por milímetro de riego**

Se compararon los costos que hay en los sistemas de riego operados con motores de gas licuado de petróleo y los costos que se tenían con los motores de diesel con la finalidad de conocer si existió una diferencia significativa con la sustitución de los motores de diesel que se estaban viendo afectados por el robo.

También se utilizó esta información para obtener el costo por milímetro aplicado que tienen los motores de gas licuado de petróleo y los motores sustituidos de combustible diesel.

Se tomó la suma total del costo de operación en quetzales por hectárea y la suma total del costo de inversión para ambos tipos de motor. La suma de estos se dividió entre la cantidad de milímetros de agua aplicados por hectárea con el sistema de mini aspersión para obtener la cantidad de quetzales por milímetro aplicado.

### **2.6.3.3 Beneficio financiero**

Se estableció el beneficio en porcentajes que se tuvo con la implementación de los motores de gas licuado de petróleo en cuanto a costos de operación e inversión y el costo por

milímetro de agua aplicado. Se obtuvo restando los costos de los motores de diesel con los costos de los motores de gas licuado de petróleo, dividiéndolo dentro de los costos de los motores de diesel y multiplicándolo por cien

$$\frac{\text{Costos combustible diesel} - \text{costos gas licuado de petróleo}}{\text{Costos combustible diesel}} \times 100 = \% \text{ beneficios}$$

#### 2.6.3.4 Emisiones de CO<sub>2</sub>

Según la comisión internacional del cambio climático existe un factor de emisión de CO<sub>2</sub> para cada hidrocarburo utilizado en el sector industrial y agrícola para su conversión a los distintos sistemas de medidas (véase cuadro 54). (Comisión Internacional del Cambio Climático ONU, 2012)

Con el rendimiento obtenido para los motores de gas licuado de petróleo y combustible diesel y el factor de conversión de hidrocarburos, se obtuvo la cantidad de kilogramos de CO<sub>2</sub> emitidos por los motores. Primero se hizo la equivalencia de los galones por hora consumidos a litros por hora.

$$\text{Gal por hora} \times 3.785 \text{ Litros} = \text{cantidad de litros por hora}$$

El factor de emisión se multiplicó con el rendimiento en litros por hora para obtener la cantidad de kilogramos de CO<sub>2</sub> emitidos por cada litro de combustible. También se obtuvo el porcentaje en que las emisiones son menores para el gas licuado de petróleo en comparación con el combustible diesel, utilizando los factores de conversión de la comisión internacional del cambio climático.

$$\frac{\text{kgCO}_2 \text{ por litro de diesel} - \text{kgCO}_2 \text{ por litro de GLP}}{\text{kgCO}_2 \text{ por litro de diesel}} \times 100 = \% \text{ de emisiones}$$

#### **2.6.4 Fase de gabinete final**

Consistió en el ordenamiento de la información recabada, de los resultados obtenidos y la discusión de los mismos con la realización de este informe.

## 2.7 Resultados y discusión

Para poder establecer los costos de operación se tomaron en cuenta los gastos que se hacen por concepto de mano de obra, maquinaria, rendimientos de los motores y el costo del combustible. Se procedió a la realización de un inventario de los motores de gas licuado de petróleo así como la recopilación de información histórica de los motores de combustible diesel que fueron sustituidos por los motores de GLP.

### 2.7.1 Inventario de motores, costos de operación por hora de operación y consumos por hora de los motores de gas licuado de petróleo y combustible diesel

El cuadro 12 muestra los promedios de los rendimientos obtenidos de todos los motores de gas licuado de petróleo, así como los promedios del costo por hora de trabajo.

**Cuadro 12. Rendimientos y costos por hora promedio de los motores GLP**

<b>ID</b>	<b>Galones por hora</b>	<b>Costo Por Hora</b>
33-761	6.35	91.92
33-762	5.77	81.86
33-763	4.94	69.71
33-764	3.43	48.15
33-871	6.50	91.02
33-872	5.16	74.28
33-873	4.83	68.94
33-874	4.06	57.06
33-875	5.46	77.19
33-876	4.83	69.93
33-878	6.45	92.80
33-879	5.15	74.10
33-880	4.70	66.93
33-881	3.59	51.31
33-882	5.08	72.28
43-143	3.52	50.29
43-146	3.93	56.09
	<b>4.93</b>	<b>70.23</b>

Fuente: Propia.

Se obtuvo un rendimiento promedio de los motores de GLP de 4.93 galones por hora de trabajo y un costo por hora promedio de Q70.23. El costo promedio para la zafra 2012-2013 por galón de gas licuado de petróleo fue de Q14.12.

Los cuadros del 13 al 29, muestran el inventario realizado a los motores de gas licuado de petróleo, los rendimientos y el costo por hora obtenidos hasta marzo del 2013, cuando finalizó la zafra 2012-2013.

La curva de desempeño de la figura 6 y la ficha técnica de los motores de gas licuado de petróleo indican que, en condiciones de operación ideales, a 2000 revoluciones por minuto, consume 20.8 litros por hora ó 5.5 galones por hora de combustible. La diferencia evidente entre el rendimiento obtenido en los motores de las administraciones AGROPESA y El Chaparral y la indicada por el fabricante puede ser por varios factores, los motores visitados trabajaban a 1800 revoluciones por minuto que es la velocidad angular recomendada dentro del ingenio, además de esto también pudo haberse visto reflejado algún tipo de error humano en la operación, el paro del equipo por reparación en cierto momento y el incumplimiento con las horas del turno de riego que hicieron que se consumiera menos combustible.

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-761	21-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	562	13.39286	7526.78732	0	219.4	219.4	2.561531449	34.30623209
33-761	25-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	760.1	13.39286	10179.91289	219.4	337.6	118.2	6.430626058	86.1244745
33-761	25-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	694	13.39286	9294.64484	337.6	451.7	114.1	6.082383874	81.46051569
33-761	25-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	654	13.39286	8758.93044	451.7	551.9	100.2	6.526946108	87.41447545
33-761	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	736	14.28151	10511.19136	551.9	612.1	60.2	12.22591362	174.6045076
33-761	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	810	14.28151	11568.0231	612.1	790.2	178.1	4.548006738	64.95240371
33-761	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	780	14.28151	11139.5778	790.2	909.1	118.9	6.560134567	93.68862742
33-761	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	730.1	14.28151	10426.93045	909.1	1023.6	114.5	6.376419214	91.06489477
33-761	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	590	14.28151	8426.0909	1023.6	1120.5	96.9	6.08875129	86.95656244
33-761	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	596	14.28151	8511.77996	1120.5	1212.4	91.9	6.48531012	92.62002133
33-761	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	612	14.28151	8740.28412	1212.4	1334	121.6	5.032894737	71.87733651
33-761	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	782	14.28151	11168.14082	1334	1473	139	5.625899281	80.34633683
33-761	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	806	14.41493	11618.43358	1473	1615.7	142.7	5.648213034	81.41859552
33-761	11-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	692	14.33992	9923.22464	1615.7	1737.4	121.7	5.686113394	81.53841118
33-761	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	630	14.41493	9081.4059	1737.4	1841.7	104.3	6.040268456	87.07004698
33-761	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	510	14.41493	7351.6143	1841.7	1904.9	63.2	8.069620253	116.3230111
33-761	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	790	14.41493	11387.7947	1904.9	2014	109.1	7.241063245	104.3794198
33-761	01-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	770	14.73214	11343.7478	2014	2131	117	6.581196581	96.9551094
33-761	03-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	595	14.73214	8765.6233	2131	2223.5	92.5	6.432432432	94.76349514
33-761	08-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	508	14.73214	7483.92712	2223.5	2298.6	75.1	6.764314248	99.6528245
<b>Promedio=</b>										<b>6.350401935</b>	<b>91.91910512</b>

Fuente: Propia

Cuadro 13. Registro de llenado de tanque ID 33-761 Finca Santa Irene

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-762	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	290	13.39286	3883.9294	1112	1151	39	7.435897436	99.58793333
33-762	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	700	13.39286	9375.002	1151	1439.5	288.5	2.426343154	32.49567418
33-762	21-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	570	13.39286	7633.9302	1439.5	1546	106.5	5.352112676	71.68009577
33-762	25-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	670	13.39286	8973.2162	1546	1659.8	113.8	5.887521968	78.85075747
33-762	25-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	532	13.39286	7125.00152	1659.8	1759.7	99.9	5.325325325	71.32133654
33-762	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	730	14.28151	10425.5023	1759.7	1897.4	137.7	5.301379811	75.71170879
33-762	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	720	14.28151	10282.6872	1897.4	2023.3	125.9	5.718824464	81.67344877
33-762	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	680	14.28151	9711.4268	2023.3	2141.9	118.6	5.733558179	81.88386847
33-762	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	588.1	14.28151	8398.956031	2141.9	2256.7	114.8	5.1228223	73.1616379
33-762	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	490	14.28151	6997.9399	2256.7	2354.7	98	5	71.40755
33-762	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	490	14.28151	6997.9399	2354.7	2445.1	90.4	5.420353982	77.4108396
33-762	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	626	14.28151	8940.22526	2445.1	2566.5	121.4	5.156507414	73.64271219
33-762	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	788	14.28151	11253.82988	2566.5	2718	151.5	5.201320132	74.28270548
33-762	11-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	670	14.33992	9607.7464	2718	2850.1	132.1	5.071915216	72.73085844
33-762	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	470	14.41493	6775.0171	2850.1	2968.5	118.4	3.969594595	57.22142821
33-762	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	670	14.41493	9658.0031	2968.5	3075.4	106.9	6.267539757	90.34614687
33-762	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	802	14.41493	11560.77386	3075.4	3146.1	70.7	11.3437058	163.518725
33-762	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	785	14.41493	11315.72005	3146.1	3268	121.9	6.439704676	92.82789212
33-762	01-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	770	14.73214	11343.7478	3268	3386.6	118.6	6.492411467	95.64711467
33-762	03-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	530	14.73214	7808.0342	3386.6	3478.7	92.1	5.754614549	84.77778719
33-762	08-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	500	14.73214	7366.07	3478.7	3553.2	74.5	6.711409396	98.87342282
<b>Promedio=</b>										<b>5.768231538</b>	<b>81.85969733</b>

Fuente: Propia.

**Cuadro 14. Registro de llenado de tanque ID 33-762 Finca Santa Irene**

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-763	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	570	13.39286	7633.9302	1262	1387.7	125.7	4.534606205	60.73134606
33-763	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	1100	13.39286	14732.146	1387.7	1808.2	420.5	2.615933413	35.03482996
33-763	21-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	574	13.39286	7687.50164	1808.2	1915.7	107.5	5.339534884	71.51164316
33-763	21-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	450	13.39286	6026.787	1915.7	1992.3	76.6	5.874673629	78.67868146
33-763	25-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	500	13.39286	6696.43	1992.3	2110.1	117.8	4.244482173	56.84575552
33-763	29-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	944	13.39286	12642.8598	2110.1	2299	188.9	4.997353097	66.9288504
33-763	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	710	14.28151	10139.8721	2299	2431.7	132.7	5.350414469	76.41199774
33-763	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	802	14.28151	11453.771	2431.7	2594	162.3	4.94146642	70.57160209
33-763	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	820	14.28151	11710.8382	2594	2755.2	161.2	5.086848635	72.64787965
33-763	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	770	14.28151	10996.7627	2755.2	2912	156.8	4.910714286	70.13241518
33-763	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	800	14.28151	11425.208	2912	3076.7	164.7	4.857316333	69.36981178
33-763	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	760	14.41493	10955.3468	3076.7	3276.9	200.2	3.796203796	54.72201199
33-763	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	810	14.41493	11676.0933	3276.9	3425	148.1	5.469277515	78.83925253
33-763	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	714	14.41493	10292.26	3425	3582.1	157.1	4.544875875	65.5140676
33-763	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	1000	14.41493	14414.93	3582.1	3730.9	148.8	6.720430108	96.87452957
33-763	01-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	600	14.73214	8839.284	3730.9	3849	118.1	5.080440305	74.84575783
33-763	03-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	534.9	14.73214	7880.22169	3849	3941.4	92.4	5.788961039	85.28378448
33-763	08-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	352	14.73214	5185.71328	3941.4	4015.7	74.3	4.737550471	69.7942568
<b>Promedio=</b>										<b>4.93839348</b>	<b>69.707693</b>

Fuente: Propia

Cuadro 15. Registro de llenado de tanque ID 33-763 Finca Santa Irene

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-764	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	900	13.39286	12053.574	0	628	628	1.433121019	19.19358917
33-764	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	250	13.39286	3348.215	628	693	65	3.846153846	51.511
33-764	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	550	13.39286	7366.073	693	820	127	4.330708661	58.0005748
33-764	21-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	440	13.39286	5892.8584	1077	1197.1	120.1	3.663613655	49.06626478
33-764	21-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	400	13.39286	5357.144	1197.1	1302	104.9	3.813155386	51.06905624
33-764	25-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	170	13.39286	2276.7862	1302	1375.5	73.5	2.31292517	30.97668299
33-764	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	700	14.28151	9997.057	1375.5	1562.1	186.6	3.751339764	53.57479636
33-764	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	554	14.28151	7911.95654	1562.1	1713.3	151.2	3.664021164	52.32775489
33-764	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	600	14.28151	8568.906	1713.3	1875	161.7	3.710575139	52.99261596
33-764	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	550	14.28151	7854.8305	1875	2024	149	3.691275168	52.71698322
33-764	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	620	14.28151	8854.5362	2024	2191.3	167.3	3.705917513	52.92609803
33-764	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	547.9	14.28151	7824.839329	2191.3	2358	166.7	3.286742651	46.93964804
33-764	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	762	14.41493	10984.17666	2358	2560.8	202.8	3.75739645	54.1626068
33-764	12-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	470	14.33992	6739.7624	2560.8	2708.7	147.9	3.177822853	45.56972549
33-764	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	552	14.41493	7957.04136	2708.7	2867.5	158.8	3.476070529	50.10731335
33-764	01-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	614	14.73214	9045.53396	2867.5	3059.1	191.6	3.204592902	47.21051127
33-764	02-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	510	14.73214	7513.3914	3059.1	3209	149.9	3.402268179	50.12269113
<b>Promedio=</b>										<b>3.42515883</b>	<b>48.1451713</b>

Fuente: Propia

**Cuadro 16. Registro de llenado de tanque ID 33-764 Finca Santa Irene**

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-871	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	960	13.39286	12857.1456	1	1	0		
33-871	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	750	13.39286	10044.645	1	115.3	114.3	8.398950131	112.4859633
33-871	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	700	13.39286	9375.002	115.3	245	129.7	5.782575173	77.44521974
33-871	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	700	13.39286	9375.002	245	340	95	7.368421053	98.68423158
33-871	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	590	13.39286	7901.7874	340	420	80	8.75	117.187525
33-871	21-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	880	13.39286	11785.7168	531.8	693.6	161.8	3.646477132	48.83675773
33-871	25-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	886	13.39286	11866.07396	693.6	825.9	132.3	6.651549509	89.08327135
33-871	25-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	620	13.39286	8303.5732	825.9	926.7	100.8	8.78968254	117.7189877
33-871	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	782	14.28151	11168.14082	926.7	1048.4	121.7	5.094494659	72.75707642
33-871	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	830	14.28151	11853.6533	1048.4	1189.6	141.2	5.538243626	79.09448173
33-871	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	640	14.28151	9140.1664	1189.6	1304.5	114.9	7.223672759	103.1649547
33-871	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	800	14.28151	11425.208	1304.5	1466.9	162.4	3.9408867	56.28181281
33-871	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	840	14.28151	11996.4684	1466.9	1606.8	139.9	5.718370264	81.66696212
33-871	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	700.1	14.28151	9998.485151	1606.8	1734.3	127.5	6.588235294	94.08994824
33-871	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	930	14.28151	13281.8043	1734.3	1882.2	147.9	4.733603786	67.60300981
33-871	06-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	734	14.28151	10482.62834	1882.2	2008	125.8	7.392686804	105.5787305
33-871	11-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	770	14.33992	11041.7384	2008	2126.8	118.8	6.178451178	88.59849562
33-871	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	790	14.41493	11387.7947	2126.8	2238.6	111.8	6.887298748	99.27992934
33-871	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	646	14.41493	9312.04478	2238.6	2337.8	99.2	7.963709677	114.7963175
33-871	01-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	730	14.73214	10754.4622	2337.8	2444.8	107	6.037383178	88.94357421
33-871	01-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	702	14.73214	10341.96228	2444.8	2545.2	100.4	7.270916335	107.1161574
<b>Promedio=</b>										<b>6.49778043</b>	<b>91.02067034</b>

Fuente: Propia

Cuadro 17. Registro de llenado de tanque ID 33-871 Finca Candelaria

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-872	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	970	14.28151	13853.0647	0	1	1		
33-872	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	900	14.28151	12853.359	1	197	196	4.948979592	70.67890153
33-872	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	830	14.28151	11853.6533	197	358.6	161.6	5.569306931	79.53811262
33-872	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	820	14.28151	11710.8382	358.6	519.2	160.6	5.168119552	73.80855106
33-872	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	666	14.28151	9511.48566	519.2	660.3	141.1	5.811481219	82.99672714
33-872	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	540	14.28151	7712.0154	660.3	769.5	109.2	6.098901099	87.10151703
33-872	11-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	560	14.33992	8030.3552	769.5	883.4	113.9	4.741000878	67.98557331
33-872	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	700	14.41493	10090.451	883.4	1025.6	142.2	3.938115331	56.76765682
33-872	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	562	14.41493	8101.19066	1025.6	1134.8	109.2	6.41025641	92.40339744
33-872	01-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	800	14.73214	11785.712	1134.8	1288.3	153.5	3.661237785	53.93786762
33-872	02-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	766	14.73214	11284.81924	1288.3	1440.2	151.9	5.266622778	77.58862409
<b>Promedio=</b>										<b>5.16140216</b>	<b>74.28069287</b>

Fuente: Propia

**Cuadro 18. Registro de llenado de tanque ID 33-872 Finca Elycar**

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-873	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	960	14.28151	13710.2496	0	1	1		
33-873	18-feb-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	830	14.28151	11853.6533	1	224.6	223.6	4.293381038	61.31596422
33-873	25-feb-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	714	14.28151	10196.99814	224.6	379.2	154.6	5.368693402	76.67304851
33-873	02-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	510	14.28151	7283.5701	379.2	492.7	113.5	6.290748899	89.8413933
33-873	08-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	550	14.28151	7854.8305	492.7	615.1	122.4	4.166666667	59.50629167
33-873	14-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	660	14.28151	9425.7966	615.1	752	136.9	4.017531045	57.37640979
33-873	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	660	14.41493	9513.8538	752	867	115	5.739130435	82.72916348
33-873	01-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	804	14.73214	11844.64056	867	1022.7	155.7	4.238921002	62.44837765
33-873	02-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	824	14.73214	12139.28336	1022.7	1179.2	156.5	5.137380192	75.68460422
<b>Promedio=</b>										<b>4.82740421</b>	<b>68.9426215</b>

Fuente: Propia

**Cuadro 19. Registro de llenado de tanque ID 33-873 Finca Sevilla**

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-874	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	186	13.39286	2491.07196	1	38.3	37.3	4.986595174	66.78477105
33-874	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	800	13.39286	10714.288	38.3	261	222.7	3.592276605	48.11085766
33-874	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	490	13.39286	6562.5014	261	369	108	4.537037037	60.76390185
33-874	21-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	360	13.39286	4821.4296	369	477.6	108.6	3.314917127	44.39622099
33-874	21-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	660	13.39286	8839.2876	477.6	663	185.4	3.55987055	47.6768479
33-874	25-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	584	13.39286	7821.43024	663	833.5	170.5	3.425219941	45.87349114
33-874	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	710	14.28151	10139.8721	833.5	1019.9	186.4	3.809012876	54.39845547
33-874	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	494	14.28151	7055.06594	1019.9	1148.3	128.4	3.847352025	54.94599642
33-874	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	600.1	14.28151	8570.334151	1148.3	1308.5	160.2	3.745942572	53.4977163
33-874	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	520	14.28151	7426.3852	1308.5	1451.9	143.4	3.626220363	51.78790237
33-874	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	630	14.28151	8997.3513	1451.9	1607	155.1	4.061895551	58.01000193
33-874	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	670	14.28151	9568.6117	1607	1775.1	168.1	3.985722784	56.9221398
33-874	11-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	800	14.33992	11471.936	1775.1	1969.8	194.7	4.108885465	58.92108885
33-874	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	810	14.41493	11676.0933	1969.8	2164.1	194.3	4.168811117	60.09312043
33-874	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	530	14.41493	7639.9129	2164.1	2278	113.9	4.653204565	67.07561809
33-874	01-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	866	14.73214	12758.03324	2278	2462.6	184.6	4.691224269	69.1117727
33-874	01-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	364	14.73214	5362.49896	2462.6	2537.4	74.8	4.86631016	71.69116257
<b>Promedio=</b>										<b>4.05767636</b>	<b>57.06241562</b>

Fuente: Propia

Cuadro 20. Registro de llenado de tanque ID 33-874 Finca Líbano

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-875	18-feb-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	1000	14.12866	14128.66	0	1	1		
33-875	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	600	13.39286	8035.716	1	164	163	6.134969325	82.16478528
33-875	31-dic-12	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	612	13.39286	8196.43032	164	278	114	5.263157895	70.48873684
33-875	21-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	554	13.39286	7419.64444	278	389.5	111.5	5.488789238	73.51058583
33-875	21-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	1000	13.39286	13392.86	389.5	577	187.5	2.954666667	39.57143701
33-875	24-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	860	13.39286	11517.8596	577	747.9	170.9	5.851375073	78.36664716
33-875	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	750	14.28151	10711.1325	747.9	891.6	143.7	5.984690327	85.47041475
33-875	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	910	14.28151	12996.1741	891.6	1064	172.4	4.350348028	62.12953886
33-875	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	880	14.28151	12567.7288	1064	1226	162	5.617283951	80.22329691
33-875	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	690	14.28151	9854.2419	1226	1370	144	6.111111111	87.27589444
33-875	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	900	14.28151	12853.359	1370	1539.5	169.5	4.07079646	58.13712035
33-875	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	840	14.28151	11996.4684	1539.5	1707.7	168.2	5.350772889	76.41711653
33-875	06-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	910	14.28151	12996.1741	1707.7	1893.6	185.9	4.518558365	64.53183647
33-875	11-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	604	14.33992	8661.31168	1893.6	2021.5	127.9	7.114933542	102.0275778
33-875	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	910	14.41493	13117.5863	2021.5	2188.8	167.3	3.610280932	52.04194692
33-875	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	748.7	14.41493	10792.45809	2188.8	2353	164.2	5.542021924	79.8878581
33-875	01-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	804	14.73214	11844.64056	2353	2468	115	6.510434783	95.91263668
33-875	03-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	550	14.73214	8102.677	2468	2563.5	95.5	8.418848168	124.0276498
<b>Promedio=</b>										<b>5.46429639</b>	<b>77.18735763</b>

Fuente: Propia

**Cuadro 21. Registro de llenado de tanque ID 33-875 Finca Líbano**

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora Q/hora
33-876	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	784	14.28151	11196.70384	0	1	1		
33-876	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	550	14.28151	7854.8305	1	131.9	130.9	4.201680672	60.00634454
33-876	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	776	14.28151	11082.45176	131.9	309	177.1	4.381705251	62.57736736
33-876	11-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	480	14.33992	6883.1616	309	423.7	114.7	4.184829991	60.01012729
33-876	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	590	14.41493	8504.8087	423.7	572	148.3	3.978422117	57.34867633
33-876	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	658	14.41493	9485.02394	572	678.6	106.6	6.17260788	88.97771051
33-876	01-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	730	14.73214	10754.4622	678.6	816	137.4	5.312954876	78.27119505
33-876	02-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	744	14.73214	10960.71216	816	949.2	133.2	5.585585586	82.28762883
<b>Promedio=</b>										<b>4.83111234</b>	<b>69.92557856</b>

Fuente: Propia

Cuadro 22. Registro de llenado de tanque ID 33-876 Finca El Rosario

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora Q/hora
33-878	30-ene-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	940	14.28151	13424.6194	1	178.6	177.6	5.292792793	75.5890732
33-878	03-feb-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	890	14.28151	12710.5439	178.6	319.3	140.7	6.325515281	90.33790974
33-878	12-feb-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	900	14.28151	12853.359	319.3	460	140.7	6.396588486	91.35294243
33-878	18-feb-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	940	14.28151	13424.6194	460	599.7	139.7	6.728704366	96.0960587
33-878	25-feb-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	910	14.28151	12996.1741	599.7	752.9	153.2	5.939947781	84.83142363
33-878	02-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	370	14.28151	5284.1587	752.9	812.3	59.4	6.228956229	88.95890067
33-878	08-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	950	14.28151	13567.4345	812.3	949.7	137.4	6.91411936	98.74406477
33-878	14-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	850	14.28151	12139.2835	949.7	1084	134.3	6.329113924	90.3893038
33-878	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	850	14.41493	12252.6905	1084.6	1200.6	116	7.327586207	105.6266422
33-878	01-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	940	14.73214	13848.2116	1200.6	1335.9	135.3	6.947524021	102.3518965
33-878	02-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	946	14.73214	13936.60444	1335.9	1480.3	144.4	6.551246537	96.51388116
<b>Promedio=</b>										<b>6.45291773</b>	<b>92.79928153</b>

Fuente: Propia

Cuadro 23. Registro de llenado de tanque ID 33-878 Finca La Conquista

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora Q/hora
33-879	18-feb-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	980	14.12866	13846.0868	1	1	0		
33-879	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	830	14.28151	11853.6533	1	210.3	209.3	3.965599618	56.6347506
33-879	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	800	14.28151	11425.208	210.3	368.3	158	5.063291139	72.31144304
33-879	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	930	14.28151	13281.8043	368.3	567.2	198.9	4.67571644	66.7762911
33-879	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	860	14.28151	12282.0986	567.2	709	141.8	6.064880113	86.61564598
33-879	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	790	14.28151	11282.3929	709	860.6	151.6	5.211081794	74.42211675
33-879	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	670	14.28151	9568.6117	860.6	999.8	139.2	4.813218391	68.74002658
33-879	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	880	14.28151	12567.7288	999.8	1179.6	179.8	4.89432703	69.89838042
33-879	11-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	760	14.33992	10898.3392	1179.6	1321.1	141.5	5.371024735	77.02006502
33-879	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	780	14.41493	11243.6454	1321.1	1460	138.9	5.615550756	80.94777106
33-879	25-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	500	14.41493	7207.465	1460	1566.9	106.9	4.677268475	67.42249766
33-879	01-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	872	14.73214	12846.42608	1566.9	1732.8	165.9	5.256178421	77.43475636
33-879	02-abr-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	490	14.73214	7218.7486	1732.8	1812.1	79.3	6.179066835	91.03087768
									<b>Promedio=</b>	<b>5.14893365</b>	<b>74.10455185</b>

Fuente: Propia

**Cuadro 24. Registro de llenado de tanque ID 33-879 Finca Corral Blanco**

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-880	18-feb-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	992	14.12866	14015.63072	1	1	0		
33-880	18-feb-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	420	14.12866	5934.0372	1	88.8	87.8	11.29840547	159.6313294
33-880	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	430	14.28151	6141.0493	88.8	206	117.2	3.583617747	51.1794727
33-880	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	480	14.28151	6855.1248	206	319.6	113.6	3.785211268	54.05853257
33-880	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	864	14.28151	12339.22464	319.6	530	210.4	2.281368821	32.58139163
33-880	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	724	14.28151	10339.81324	530	721.3	191.3	4.516466283	64.50195839
33-880	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	632	14.28151	9025.91432	721.3	916	194.7	3.718541346	53.10638541
33-880	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	550	14.28151	7854.8305	916	1084.8	168.8	3.744075829	53.4710564
									<b>Promedio=</b>	<b>4.70395525</b>	<b>66.93287521</b>

**Cuadro 25. Registro de llenado de tanque ID 33-880 Finca Montaña Larga**

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-881	18-feb-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	980	14.12866	13846.0868	1	1	0		
33-881	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	620	14.28151	8854.5362	1	196.3	195.3	5.017921147	71.66349104
33-881	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	626	14.28151	8940.22526	196.3	387	190.7	3.251179864	46.43175773
33-881	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	540	14.28151	7712.0154	387	567.1	180.1	3.475846752	49.64034014
33-881	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	556	14.28151	7940.51956	567.1	762.4	195.3	2.764976959	39.48804608
33-881	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	530	14.28151	7569.2003	762.4	923.3	160.9	3.455562461	49.35064984
									<b>Promedio=</b>	<b>3.59309744</b>	<b>51.31485697</b>

Fuente: Propia

Cuadro 26. Registro de llenado de tanque ID 33-881 Finca Montaña Larga

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-882	18-feb-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	1000	14.12866	14128.66	1	1	0		
33-882	18-feb-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	240	14.12866	3390.8784	1	72.1	71.1	14.06469761	198.7153305
33-882	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	370	14.28151	5284.1587	72.1	152.5	80.4	2.985074627	42.63137313
33-882	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	585.8	14.28151	8366.108558	152.5	372.4	219.9	1.682582992	24.02982583
33-882	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	530	14.28151	7569.2003	372.4	475	102.6	5.709551657	81.54101908
33-882	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	740	14.28151	10568.3174	475	663.9	188.9	2.805717311	40.06987983
33-882	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	638	14.28151	9111.60338	663.9	827	163.1	4.537093807	64.79655058
33-882	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	669.9	14.28151	9567.183549	827	995.2	168.2	3.793103448	54.17124483
									<b>Promedio=</b>	<b>5.08254592</b>	<b>72.27931769</b>

Fuente: Propia

Cuadro 27. Registro de llenado de tanque ID 33-882 Finca Montaña Larga

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
43-143	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	714	14.28151	10196.99814	1	1	0		
43-143	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	390	14.28151	5569.7889	1	167.2	166.2	4.296028881	61.35377942
43-143	07-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	410	14.28151	5855.4191	168.2	310.2	142	2.746478873	39.22386549
									<b>Promedio=</b>	<b>3.52125388</b>	<b>50.28882246</b>

Fuente: Propia

**Cuadro 28. Registro de llenado de tanque ID 43-143 Finca El Chaparral**

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
43-146	04-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	520	14.28151	7426.3852	2	188.6	186.6	2.786709539	39.79842015
43-146	07-mar-13	Gas Licuado De Petróleo (70% Propano Y 30% Butano)	GL	600	14.28151	8568.906	189.6	308	118.4	5.067567568	72.37251689
									<b>Promedio=</b>	<b>3.92713855</b>	<b>56.08546852</b>

Fuente: Propia

**Cuadro 29. Registro de llenado de tanque ID 43-146 Finca El Chaparral**

Con los últimos datos de llenado de tanque de los motores de combustible diesel sustituidos por los motores de GLP se obtuvo un rendimiento promedio de 9.64 Galones por hora y un costo promedio de Q237.74 por hora de trabajo.

**Cuadro 30. Rendimientos promedio y costos por hora promedio de los motores de combustible diesel sustituidos.**

<b>ID</b>	<b>Galones por hora</b>	<b>Costo Por Hora</b>
33-761	8.57	193.66
33-762	9.25	224.39
33-763	10.25	237.78
33-764	9.60	239.98
33-871	9.68	230.99
33-872	9.66	247.35
33-873	10.45	248.00
33-874	10.76	277.53
33-875	9.46	236.99
33-876	9.59	194.99
33-878	9.91	285.03
33-879	9.45	233.28
33-880	9.32	224.39
33-881	9.83	242.91
33-882	9.60	246.06
43-143	9.19	235.21
43-146	9.37	243.02
	<b>9.64</b>	<b>237.74</b>

Fuente: Propia.

El cuadro 30 muestra los rendimientos de cada uno de los motores de combustible diesel que fueron sustituidos.

Los cuadros del 31 al 47 contienen los datos históricos de llenado de tanque de los motores diesel que fueron sustituidos por los motores de gas licuado de petróleo.

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-761	19-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	574	25.39286	14575.50164	451.7	551.9	100.2	5.728542914	145.4640882
33-761	22-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	772	25.39286	19603.28792	551.9	602.2	50.3	15.34791252	389.727394
33-761	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	796	25.39286	20212.71656	602.2	672.1	69.9	11.38769671	289.1661883
33-761	28-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	692	25.39286	17571.85912	672.1	763.2	91.1	7.596048299	192.885391
33-761	01-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	602	25.39286	15286.50172	763.2	900.2	137	4.394160584	111.5803045
33-761	04-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	684	25.28151	17292.55284	900.2	1024.3	124.1	5.511684126	139.3436973
33-761	07-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	563	25.28151	14233.49013	1024.3	1122.1	97.8	5.756646217	145.5367089
33-761	10-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	767	25.28151	19390.91817	1122.1	1298.3	176.2	4.353007946	110.0506139
33-761	13-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	632	25.28151	15977.91432	1298.3	1371.2	72.9	8.669410151	219.1757794
33-761	16-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	713	25.28151	11618.43358	1371.2	1438.3	67.1	10.62593145	268.6395921
33-761	19-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	685	25.28151	9923.22464	1438.3	1521.2	82.9	8.262967431	208.9002937
33-761	22-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	612	25.28151	9081.4059	1521.2	1596.9	75.7	8.084544254	204.3894864
33-761	25-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	792	25.28151	7351.6143	1596.9	1678.4	81.5	9.717791411	245.6804407
33-761	28-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	774	25.33992	11387.7947	1678.4	1754.8	76.4	10.13089005	256.7159435
33-761	31-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	765	25.33992	11343.7478	1754.8	1884.3	129.5	5.907335907	149.6914193
33-761	03-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	673	25.33992	8765.6233	1884.3	1920	35.7	18.85154062	477.6965311
33-761	06-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	623	25.33992	7483.92712	1920	2037.4	117.4	5.306643952	134.4699332
<b>Promedio=</b>										<b>8.56663262</b>	<b>193.6589073</b>

Fuente: Propia

**Cuadro 31. Registro de llenado de tanque ID 33-761 Finca Santa Irene**

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-762	18-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	636	25.39286	16149.85896	488.4	574.7	86.3	7.369640788	187.1362568
33-762	24-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	609	25.39286	15464.25174	574.7	622.4	47.7	12.7672956	324.1981497
33-762	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	592	25.39286	15032.57312	622.4	734.2	111.8	5.295169946	134.4595091
33-762	28-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	652	25.39286	16556.14472	734.2	851.9	117.7	5.539507222	140.6639314
33-762	02-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	675	25.39286	17140.1805	851.9	905	53.1	12.71186441	322.7905932
33-762	04-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	582	25.28151	14713.83882	905	988.1	83.1	7.003610108	177.061839
33-762	07-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	721	25.28151	18227.96871	988.1	1061.1	73	9.876712329	249.6982015
33-762	12-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	704	25.28151	17798.18304	1061.1	1123.7	62.6	11.24600639	284.316023
33-762	13-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	624	25.28151	15775.66224	1123.7	1202.9	79.2	7.878787879	199.1876545
33-762	16-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	652	25.28151	11618.43358	1202.9	1328.3	125.4	5.199362041	131.4477234
33-762	20-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	656	25.28151	9923.22464	1328.3	1483.5	155.2	4.226804124	106.8599907
33-762	22-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	763	25.28151	9081.4059	1483.5	1593.5	110	6.936363636	175.3617466
33-762	25-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	662	25.28151	7351.6143	1593.5	1731.8	138.3	4.786695589	121.0148924
33-762	28-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	678	25.33992	11387.7947	1731.8	1792.2	60.4	11.22516556	284.4447974
33-762	30-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	741	25.33992	11343.7478	1792.2	1933.2	141	5.255319149	133.1693668
33-762	03-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	589	25.33992	8765.6233	1933.2	1964.1	30.9	19.06148867	483.0165981
33-762	07-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	781	25.33992	7483.92712	1964.1	2001.5	37.4	20.88235294	529.1571529
<b>Promedio=</b>										<b>9.250714493</b>	<b>224.3902398</b>

Fuente: Propia

Cuadro 32. Registro de llenado de tanque ID 33-762 Finca Santa Irene

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-763	18-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	617	25.39286	15667.3946	365.4	412.2	46.8	13.18376068	334.7733893
33-763	24-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	745	25.39286	18917.6807	412.2	498.4	86.2	8.642691415	219.4626531
33-763	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	695	25.39286	17648.0377	498.4	569.9	71.5	9.72027972	246.8257021
33-763	27-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	720	25.39286	18282.8592	569.9	627.8	57.9	12.43523316	315.7661347
33-763	01-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	725	25.39286	18409.8235	627.8	755.6	127.8	5.672926448	144.0518271
33-763	04-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	629	25.28151	15902.0698	755.6	812.9	57.3	10.97731239	277.523033
33-763	05-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	611	25.28151	15447.0026	812.9	887.3	74.4	8.212365591	207.6210028
33-763	12-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	552	25.28151	13955.3935	887.3	936.5	49.2	11.2195122	283.6462098
33-763	13-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	570	25.28151	14410.4607	936.5	1067.1	130.6	4.364471669	110.3404342
33-763	14-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	560	25.28151	11618.4336	1067.1	1188.2	121.1	4.624277457	116.9087168
33-763	21-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	715	25.28151	9923.22464	1188.2	1263	74.8	9.558823529	241.6614926
33-763	22-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	791	25.28151	9081.4059	1263	1304.5	41.5	19.06024096	481.8716725
33-763	25-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	621	25.28151	7351.6143	1304.5	1385.8	81.3	7.638376384	193.1096889
33-763	28-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	531	25.33992	11387.7947	1385.8	1453.4	67.6	7.855029586	199.0458213
33-763	29-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	779	25.33992	11343.7478	1453.4	1488.3	34.9	22.32091691	565.6102487
33-763	01-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	712	25.33992	8765.6233	1488.3	1562.3	74	9.621621622	243.8111222
33-763	05-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	699	25.33992	7483.92712	1562.3	1639	76.7	9.113428944	230.9335604
<b>Promedio=</b>										<b>10.2483099</b>	<b>237.778932</b>

Fuente: Propia

**Cuadro 33. Registro de llenado de tanque ID 33-763 Finca Santa Irene**

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-764	18-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	731	25.39286	18562.18066	391.1	477.4	86.3	8.470451912	215.0889995
33-764	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	774	25.39286	19654.07364	477.4	525.1	47.7	16.22641509	412.0350868
33-764	26-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	566	25.39286	14372.35876	525.1	636.9	111.8	5.062611807	128.5541928
33-764	29-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	644	25.39286	16353.00184	636.9	754.6	117.7	5.471537808	138.9379935
33-764	03-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	652	25.39286	16556.14472	754.6	807.7	53.1	12.2787194	311.7918026
33-764	04-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	714	25.28151	18050.99814	807.7	890.8	83.1	8.592057762	217.2201942
33-764	06-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	649	25.28151	16407.69999	890.8	963.8	73	8.890410959	224.7630136
33-764	09-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	736	25.28151	18607.19136	963.8	1026.4	62.6	11.7571885	297.2394786
33-764	11-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	671	25.28151	16963.89321	1026.4	1105.6	79.2	8.472222222	214.1905708
33-764	14-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	682	25.28151	11618.43358	1105.6	1231	125.4	5.438596491	137.4959316
33-764	21-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	751	25.28151	9923.22464	1231	1386.2	155.2	4.838917526	122.3351418
33-764	22-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	560	25.28151	9081.4059	1386.2	1496.2	110	5.090909091	128.7058691
33-764	27-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	634	25.28151	7351.6143	1496.2	1634.5	138.3	4.584237166	115.8964377
33-764	28-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	630	25.33992	11387.7947	1634.5	1694.9	60.4	10.43046358	264.3071126
33-764	31-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	754	25.33992	11343.7478	1694.9	1835.9	141	5.34751773	135.5056715
33-764	02-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	736	25.33992	8765.6233	1835.9	1866.8	30.9	23.81877023	603.565732
33-764	05-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	691	25.33992	7483.92712	1866.8	1904.2	37.4	18.47593583	468.1787358
<b>Promedio=</b>										<b>9.60276254</b>	<b>239.980148</b>

Fuente: Propia

Cuadro 34. Registro de llenado de tanque ID 33-764 Finca Santa Irene

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-871	19-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	760	25.39286	19298.5736	416.9	533.2	116.3	6.534823732	165.9378641
33-871	24-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	577	25.39286	14651.68022	533.2	579.5	46.3	12.46220302	316.4509767
33-871	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	736	25.39286	18689.14496	579.5	658.4	78.9	9.328263625	236.8712923
33-871	30-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	733	25.39286	18612.96638	658.4	780.4	122	6.008196721	152.5652982
33-871	01-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	681	25.39286	17292.53766	780.4	833.5	53.1	12.82485876	325.6598429
33-871	05-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	810	25.28151	20478.0231	833.5	916.6	83.1	9.747292419	246.4262708
33-871	09-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	556	25.28151	14056.51956	916.6	989.6	73	7.616438356	192.5550625
33-871	13-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	638	25.28151	16129.60338	989.6	1052.2	62.6	10.19169329	257.6613958
33-871	15-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	579	25.28151	14637.99429	1052.2	1131.4	79.2	7.310606061	184.8231602
33-871	17-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	670	25.28151	11618.43358	1131.4	1256.8	125.4	5.342902711	135.0766483
33-871	20-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	760	25.28151	9923.22464	1256.8	1412.2	155.4	4.890604891	123.6418764
33-871	21-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	796	25.28151	9081.4059	1412.2	1522	109.8	7.249544627	183.279435
33-871	26-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	628	25.28151	7351.6143	1522	1660.3	138.3	4.540853218	114.799626
33-871	28-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	680	25.33992	11387.7947	1660.3	1720.7	60.4	11.25827815	285.2838675
33-871	31-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	752	25.33992	11343.7478	1720.7	1861.7	141	5.333333333	135.14624
33-871	01-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	759	25.33992	8765.6233	1861.7	1892.6	30.9	24.5631068	622.4271612
33-871	04-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	726	25.33992	7483.92712	1892.6	1930	37.4	19.41176471	491.8925647
<b>Promedio=</b>										<b>9.68322144</b>	<b>230.9945737</b>

Fuente: Propia

**Cuadro 35. Registro de llenado de tanque ID 33-871 Finca Candelaria**

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-872	17-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	673	25.39286	17089.39478	355.6	441.9	86.3	7.798377752	198.0231145
33-872	20-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	645	25.39286	16378.3947	441.9	589	147.1	4.384772264	111.3419082
33-872	22-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	727	25.39286	18460.60922	589	677.4	88.4	8.2239819	208.830421
33-872	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	744	25.39286	18892.28784	677.4	719.1	41.7	17.84172662	453.0524662
33-872	01-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	809	25.39286	20542.82374	719.1	772.2	53.1	15.2354049	386.8705036
33-872	04-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	725	25.28151	18329.09475	772.2	855.3	83.1	8.7244284	220.5667238
33-872	08-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	620	25.28151	15674.5362	855.3	928.3	73	8.493150685	214.719674
33-872	14-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	617	25.28151	15598.69167	928.3	990.9	62.6	9.856230032	249.1803781
33-872	16-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	575	25.28151	14536.86825	990.9	1070.1	79.2	7.26010101	183.5463163
33-872	16-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	789	25.28151	11618.43358	1070.1	1195.5	125.4	6.291866029	159.0678739
33-872	18-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	733	25.28151	9923.22464	1195.5	1318.8	123.3	5.944849959	150.2947837
33-872	21-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	679	25.28151	9081.4059	1318.8	1460.7	141.9	4.785059901	120.9735397
33-872	25-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	637	25.28151	7351.6143	1460.7	1599	138.3	4.60592914	116.4448436
33-872	29-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	745	25.33992	11387.7947	1599	1688	89	8.370786517	212.1150607
33-872	30-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	806	25.33992	11343.7478	1688	1800.4	112.4	7.170818505	181.7079673
33-872	03-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	736	25.33992	8765.6233	1800.4	1831.3	30.9	23.81877023	603.565732
33-872	07-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	578	25.33992	7483.92712	1831.3	1868.7	37.4	15.45454545	391.6169455
<b>Promedio=</b>										<b>9.66239996</b>	<b>247.3479451</b>

Fuente: Propia

Cuadro 36. Registro de llenado de tanque ID 33-872 Finca Elycar

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-873	18-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	705	25.39286	17901.9663	418.9	473.8	54.9	12.84153005	326.0831749
33-873	24-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	785	25.39286	19933.3951	473.8	574.9	101.1	7.764589515	197.1651345
33-873	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	579	25.39286	14702.46594	574.9	646.4	71.5	8.097902098	205.6288943
33-873	27-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	570	25.39286	14473.9302	646.4	704.3	57.9	9.844559585	249.9815233
33-873	01-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	754	25.39286	19146.21644	704.3	832.1	127.8	5.899843505	149.8139002
33-873	04-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	624	25.28151	15775.66224	832.1	871.9	39.8	15.67839196	396.3734231
33-873	05-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	656	25.28151	16584.67056	871.9	963.8	91.9	7.138193689	180.4643151
33-873	12-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	745	25.28151	18834.72495	963.8	1013	49.2	15.14227642	382.8196128
33-873	13-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	742	25.28151	18758.88042	1013	1143.6	130.6	5.681470138	143.6361441
33-873	14-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	665	25.28151	11618.43358	1143.6	1264.7	121.1	5.49132948	138.8291012
33-873	21-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	673	25.28151	9923.22464	1264.7	1339.5	74.8	8.997326203	227.4659924
33-873	22-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	782	25.28151	9081.4059	1339.5	1381	41.5	18.84337349	476.3889354
33-873	25-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	800	25.28151	7351.6143	1381	1462.3	81.3	9.840098401	248.7725461
33-873	28-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	667	25.33992	11387.7947	1462.3	1529.9	67.6	9.866863905	250.025542
33-873	29-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	673	25.33992	11343.7478	1529.9	1564.8	34.9	19.28366762	488.6465948
33-873	01-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	732	25.33992	8765.6233	1564.8	1638.8	74	9.891891892	250.6597492
33-873	05-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	565	25.33992	7483.92712	1638.8	1715.5	76.7	7.366362451	186.6630352
<b>Promedio=</b>										<b>10.4511571</b>	<b>247.996236</b>

Fuente: Propia

**Cuadro 37. Registro de llenado de tanque ID 33-873 Finca Sevilla**

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-874	20-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	865	25.39286	21964.8239	627.1	693.5	66.4	13.02710843	330.7955407
33-874	22-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	656	25.39286	16657.71616	693.5	744.2	50.7	12.93885602	328.5545594
33-874	24-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	591	25.39286	15007.18026	744.2	812.5	68.3	8.653001464	219.7244548
33-874	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	565	25.39286	14346.9659	812.5	876.7	64.2	8.800623053	223.4729891
33-874	01-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	871	25.39286	22117.18106	876.7	942.2	65.5	13.29770992	337.6668864
33-874	01-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	863	25.28151	21817.94313	942.2	1025.2	83	10.39759036	262.8667847
33-874	07-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	747	25.28151	18885.28797	1025.2	1099.1	73.9	10.1082544	255.5519346
33-874	12-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	851	25.28151	21514.56501	1099.1	1198.1	99	8.595959596	217.3188385
33-874	16-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	737	25.28151	18632.47287	1198.1	1256	57.9	12.72884283	321.8043674
33-874	18-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	727	25.28151	11618.43358	1256	1324	68	10.69117647	270.2890849
33-874	20-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	690	25.28151	9923.22464	1324	1417.4	93.4	7.3875803	186.7691852
33-874	22-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	825	25.28151	9081.4059	1417.4	1545	127.6	6.465517241	163.4580388
33-874	25-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	705	25.28151	7351.6143	1545	1685.7	140.7	5.010660981	126.6770757
33-874	28-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	593	25.33992	11387.7947	1685.7	1751.5	65.8	9.012158055	228.3673641
33-874	31-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	693	25.33992	11343.7478	1751.5	1804.9	53.4	12.97752809	328.8495236
33-874	02-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	799	25.33992	8765.6233	1804.9	1843.8	38.9	20.53984576	520.4780483
33-874	05-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	862	25.33992	7483.92712	1843.8	1913.7	69.9	12.33190272	312.4894283
<b>Promedio=</b>										<b>10.7626068</b>	<b>277.5284839</b>

Fuente: Propia

Cuadro 38. Registro de llenado de tanque ID 33-874 Finca Líbano

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-875	20-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	737	25.39286	18714.53782	558	624.8	66.8	11.03293413	280.1577518
33-875	22-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	793	25.39286	20136.53798	624	723.5	99.5	7.969849246	202.3772661
33-875	23-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	692	25.39286	17571.85912	723	815.4	92.4	7.489177489	190.1716355
33-875	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	737	25.39286	18714.53782	815	891.9	76.9	9.583875163	243.3620003
33-875	01-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	807	25.39286	20492.03802	891	974.2	83.2	9.699519231	246.2985339
33-875	02-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	622	25.28151	15725.09922	974	1032.1	58.1	10.70567986	270.6557525
33-875	03-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	621	25.28151	15699.81771	1032	1120.4	88.4	7.024886878	177.5997479
33-875	05-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	703	25.28151	17772.90153	1120	1197	77	9.12987013	230.816903
33-875	10-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	807	25.28151	20402.17857	1197	1267	70	11.52857143	291.4596939
33-875	17-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	744	25.28151	11618.43358	1267	1327.4	60.4	12.31788079	311.4146265
33-875	24-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	800	25.28151	9923.22464	1327	1432.2	105.2	7.604562738	192.2548289
33-875	25-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	620	25.28151	9081.4059	1432	1500.1	68.1	9.104258443	230.1694009
33-875	27-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	795	25.28151	7351.6143	1500	1628	128	6.2109375	157.0218785
33-875	29-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	668	25.33992	11387.7947	1628	1696.8	68.8	9.709302326	246.0329442
33-875	30-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	746	25.33992	11343.7478	1696	1762.3	66.3	11.25188537	285.1218751
33-875	01-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	804	25.33992	8765.6233	1762	1842	80	10.05	254.666196
33-875	02-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	563	25.33992	7483.92712	1842	1896.3	54.3	10.36832413	262.7325039
									<b>Promedio=</b>	<b>9.45773617</b>	<b>236.9888094</b>

Fuente: Propia

**Cuadro 39. Registro de llenado de tanque ID 33-875 Finca Líbano**

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-876	19-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	617	25.39286	15667.39462	351.3	408.5	57.2	10.78671329	273.9055003
33-876	21-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	810	25.39286	20568.2166	408.5	479.4	70.9	11.42454161	290.1017856
33-876	23-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	786	25.39286	19958.78796	479.4	567	87.6	8.97260274	227.8400452
33-876	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	667	25.39286	16937.03762	567	699.9	132.9	5.018811136	127.4419685
33-876	03-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	708	25.39286	17978.14488	699.9	792.2	92.3	7.67063922	194.7794678
33-876	05-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	819	25.28151	20705.55669	792.2	1007.5	215.3	3.803994426	96.17072313
33-876	07-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	691	25.28151	17469.52341	1007.5	1099	91.5	7.551912568	190.9237531
33-876	08-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	844	25.28151	21337.59444	1099	1205	106	7.962264151	201.2980608
33-876	10-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	838	25.28151	21185.90538	1205	1344	139	6.028776978	152.4165855
33-876	17-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	578	25.28151	11618.43358	1344	1479.3	135.3	4.271988174	108.0023118
33-876	23-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	774	25.28151	9923.22464	1479.3	1501.2	21.9	35.34246575	893.5109014
33-876	25-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	813	25.28151	9081.4059	1501.2	1596.2	95	8.557894737	216.3565014
33-876	27-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	711	25.28151	7351.6143	1596.2	1687.7	91.5	7.770491803	196.4497662
33-876	29-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	726	25.33992	11387.7947	1687.7	1750	62.3	11.65329053	295.2934498
33-876	31-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	672	25.33992	11343.7478	1750	1832.7	82.7	8.125755744	205.9060005
33-876	01-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	648	25.33992	8765.6233	1832.7	1913.8	81.1	7.990135635	202.4693978
33-876	04-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	781	25.33992	7483.92712	1913.8	1991	77.2	10.11658031	256.3533358
<b>Promedio=</b>										<b>9.59110934</b>	<b>194.9864322</b>

Fuente: Propia

Cuadro 40. Registro de llenado de tanque ID 33-876 Finca El Rosario

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-878	18-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	831	25.39286	21101.46666	315	450.5	135.5	6.132841328	155.7303813
33-878	24-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	618	25.39286	15692.78748	450.5	548.8	98.3	6.286876907	159.6417851
33-878	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	717	25.39286	18206.68062	548.8	620.4	71.6	10.01396648	254.2832489
33-878	27-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	722	25.39286	18333.64492	620.4	692.9	72.5	9.95862069	252.877861
33-878	01-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	818	25.39286	20771.35948	692.9	774.3	81.4	10.04914005	255.1764064
33-878	04-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	723	25.28151	18278.53173	774.3	845.6	71.3	10.14025245	256.3608938
33-878	05-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	782	25.28151	19770.14082	845.6	973.1	127.5	6.133333333	155.059928
33-878	12-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	765	25.28151	19340.35515	973.1	997.1	24	31.875	805.8481313
33-878	13-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	633	25.28151	16003.19583	997.1	1056.3	59.2	10.69256757	270.3242539
33-878	14-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	719	25.28151	11618.43358	1056.3	1138.7	82.4	8.725728155	220.5995836
33-878	21-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	706	25.28151	9923.22464	1138.7	1219.5	80.8	8.737623762	220.9003225
33-878	22-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	686	25.28151	9081.4059	1219.5	1283.7	64.2	10.68535826	270.1419916
33-878	25-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	586	25.28151	7351.6143	1283.7	1336.3	52.6	11.14068441	281.6533243
33-878	28-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	776	25.33992	11387.7947	1336.3	1472.9	136.6	5.680819912	143.9515221
33-878	29-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	807	25.33992	11343.7478	1472.9	1559.7	86.8	9.297235023	235.5911917
33-878	01-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	845	25.33992	8765.6233	1559.7	1682.9	123.2	6.858766234	173.8005877
33-878	05-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	627	25.33992	7483.92712	1682.9	1787.3	104.4	6.005747126	152.1851517
<b>Promedio=</b>										<b>9.90673892</b>	<b>285.0336544</b>

Fuente: Propia

**Cuadro 41. Registro de llenado de tanque ID 33-878 Finca La Conquista**

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-879	19-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	621	25.39286	15768.96606	1224.2	1298	73.8	8.414634146	213.6716268
33-879	21-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	804	25.39286	20415.85944	1298	1375	77	10.44155844	265.1410317
33-879	23-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	751	25.39286	19070.03786	1375	1452	77	9.753246753	247.6628294
33-879	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	622	25.39286	15794.35892	1452	1544.2	92.2	6.746203905	171.3054113
33-879	03-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	720	25.39286	18282.8592	1544.2	1629.3	85.1	8.460634548	214.8397086
33-879	05-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	627	25.28151	15851.50677	1629.3	1700.5	71.2	8.806179775	222.6335221
33-879	07-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	782	25.28151	19770.14082	1700.5	1785	84.5	9.25443787	233.9661636
33-879	08-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	719	25.28151	18177.40569	1785	1859.6	74.6	9.638069705	243.6649556
33-879	10-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	839	25.28151	21211.18689	1859.6	1933.6	74	11.33783784	286.6376607
33-879	17-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	638	25.28151	11618.43358	1933.6	2000.3	66.7	9.565217391	241.8231391
33-879	23-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	572	25.28151	9923.22464	2000.3	2059.8	59.5	9.613445378	243.0424155
33-879	25-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	690	25.28151	9081.4059	2059.8	2137	77.2	8.937823834	225.9616826
33-879	27-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	583	25.28151	7351.6143	2137	2199.7	62.7	9.298245614	235.0736895
33-879	29-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	845	25.33992	11387.7947	2199.7	2271.3	71.6	11.80167598	299.0535251
33-879	31-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	835	25.33992	11343.7478	2271.3	2350.2	78.9	10.58301648	268.1727909
33-879	01-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	760	25.33992	8765.6233	2350.2	2435.8	85.6	8.878504673	224.9805981
33-879	04-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	786	25.33992	7483.92712	2435.8	2522.3	86.5	9.086705202	230.2563829
<b>Promedio=</b>										<b>9.44808456</b>	<b>233.2803233</b>

Fuente: Propia

Cuadro 42. Registro de llenado de tanque ID 33-879 Finca Corral Blanco

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-880	18-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	658	25.39286	16708.50188	338	452	114	5.771929825	146.565806
33-880	24-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	581	25.39286	14753.25166	452	540	88	6.602272727	167.650587
33-880	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	628	25.39286	15946.71608	540	641.3	101.3	6.1994077	157.4206918
33-880	28-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	712	25.39286	18079.71632	641.3	767.7	126.4	5.632911392	143.0357304
33-880	02-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	562	25.39286	14270.78732	767.7	824.5	56.8	9.894366197	251.2462556
33-880	04-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	830	25.28151	20983.6533	824.5	917	92.5	8.972972973	226.8503059
33-880	07-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	555	25.28151	14031.23805	917	998.3	81.3	6.826568266	172.5859539
33-880	12-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	710	25.28151	17949.8721	998.3	1044.2	45.9	15.46840959	391.0647516
33-880	13-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	764	25.28151	19315.07364	1044.2	1097.4	53.2	14.36090226	363.065294
33-880	16-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	573	25.28151	11618.43358	1097.4	1155	57.6	9.947916667	251.4983547
33-880	20-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	555	25.28151	9923.22464	1155	1239.7	84.7	6.552538371	165.6580643
33-880	22-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	721	25.28151	9081.4059	1239.7	1305.2	65.5	11.00763359	278.2895986
33-880	25-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	612	25.28151	7351.6143	1305.2	1376.3	71.1	8.607594937	217.6129975
33-880	28-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	704	25.33992	11387.7947	1376.3	1448.7	72.4	9.723756906	246.3992221
33-880	30-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	759	25.33992	11343.7478	1448.7	1500	51.3	14.79532164	374.9122667
33-880	03-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	582	25.33992	8765.6233	1500	1577.3	77.3	7.529107374	190.7869785
33-880	07-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	581	25.33992	7483.92712	1577.3	1632	54.7	10.62157221	269.1497901
<b>Promedio=</b>										<b>9.32442251</b>	<b>224.387264</b>

Fuente: Propia

**Cuadro 43. Registro de llenado de tanque ID 33-880 Finca Montaña Larga**

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-881	20-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	570	25.39286	14473.9302	671.1	727.7	56.6	10.07067138	255.7231484
33-881	22-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	595	25.39286	15108.7517	727.7	796.3	68.6	8.673469388	220.2441939
33-881	23-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	801	25.39286	20339.68086	796.3	895.3	99	8.090909091	205.4513218
33-881	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	608	25.39286	15438.85888	895.3	975.5	80.2	7.581047382	192.5044748
33-881	01-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	666	25.39286	16911.64476	975.5	1045.8	70.3	9.473684211	240.5639368
33-881	02-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	622	25.28151	15725.09922	1045.8	1120.2	74.4	8.360215054	211.3588605
33-881	03-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	852	25.28151	21539.84652	1120.2	1193.3	73.1	11.65526676	294.6627431
33-881	05-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	614	25.28151	15522.84714	1193.3	1245.4	52.1	11.78502879	297.9433232
33-881	10-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	809	25.28151	20452.74159	1245.4	1321.8	76.4	10.58900524	267.7060418
33-881	17-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	589	25.28151	11618.43358	1321.8	1397.2	75.4	7.811671088	197.4908407
33-881	24-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	812	25.28151	9923.22464	1397.2	1476.4	79.2	10.25252525	259.1993197
33-881	25-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	812	25.28151	9081.4059	1476.4	1567.2	90.8	8.942731278	226.0857502
33-881	27-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	563	25.28151	7351.6143	1567.2	1624.8	57.6	9.774305556	247.1092036
33-881	29-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	765	25.33992	11387.7947	1624.8	1688	63.2	12.10443038	306.7252975
33-881	30-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	607	25.33992	11343.7478	1688	1761.4	73.4	8.269754768	209.5549243
33-881	01-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	758	25.33992	8765.6233	1761.4	1822.9	61.5	12.32520325	312.3196644
33-881	02-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	766	25.33992	7483.92712	1822.9	1890.7	67.8	11.2979351	286.2887717
<b>Promedio=</b>										<b>9.82693259</b>	<b>242.9064494</b>

Fuente: Propia

Cuadro 44. Registro de llenado de tanque ID 33-881 Finca Montaña Larga

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
33-882	19-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	741	25.39286	18816.10926	23	104.3	81.3	9.114391144	231.4404583
33-882	21-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	813	25.39286	20644.39518	104.3	159.2	54.9	14.80874317	376.0363421
33-882	23-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	570	25.39286	14473.9302	159.2	216	56.8	10.03521127	254.8227148
33-882	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	592	25.39286	15032.57312	216	299.7	83.7	7.072879331	179.6006346
33-882	03-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	819	25.39286	20796.75234	299.7	372.2	72.5	11.29655172	286.8517564
33-882	05-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	570	25.28151	14410.4607	372.2	435	62.8	9.076433121	229.4659347
33-882	07-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	613	25.28151	15497.56563	435	515.5	80.5	7.614906832	192.5163432
33-882	08-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	604	25.28151	15270.03204	515.5	632	116.5	5.184549356	131.0732364
33-882	10-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	762	25.28151	19264.51062	632	689.9	57.9	13.16062176	332.7203907
33-882	17-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	575	25.28151	11618.43358	689.9	765.2	75.3	7.636122178	193.0526992
33-882	23-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	724	25.28151	9923.22464	765.2	841.1	75.9	9.53886693	241.1569597
33-882	25-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	736	25.28151	9081.4059	841.1	932.3	91.2	8.070175439	204.0262211
33-882	27-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	744	25.28151	7351.6143	932.3	1021.3	89	8.359550562	211.3420611
33-882	29-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	680	25.33992	11387.7947	1021.3	1082.9	61.6	11.03896104	279.7263896
33-882	31-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	707	25.33992	11343.7478	1082.9	1165.7	82.8	8.538647343	216.3686406
33-882	01-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	713	25.33992	8765.6233	1165.7	1232.2	66.5	10.72180451	271.6896686
33-882	04-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	770	25.33992	7483.92712	1232.2	1297	64.8	11.88271605	301.1070741
<b>Promedio=</b>										<b>9.5971254</b>	<b>246.0586457</b>

Fuente: Propia

Cuadro 45. Registro de llenado de tanque ID 33-882 Finca Montaña Larga

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
43-143	19-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	625	25.39286	15870.5375	558	624.8	66.8	9.356287425	237.5828967
43-143	22-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	697	25.39286	17698.82342	624.8	723.5	98.7	7.061803445	179.3193862
43-143	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	742	25.39286	18841.50212	723.5	815.4	91.9	8.073993471	205.0217859
43-143	28-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	634	25.39286	16099.07324	815.4	891.9	76.5	8.287581699	210.4454018
43-143	01-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	829	25.39286	21050.68094	891.9	974.2	82.3	10.07290401	255.7798413
43-143	04-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	590	25.28151	14916.0909	974.2	1032.1	57.9	10.18998273	257.6181503
43-143	07-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	630	25.28151	15927.3513	1032.1	1100	67.9	9.278350515	234.5707113
43-143	10-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	670	25.28151	16938.6117	1100	1165	65	10.30769231	260.5940262
43-143	13-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	619	25.28151	15649.25469	1165	1221.7	56.7	10.91710758	276.0009646
43-143	17-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	658	25.28151	11618.43358	1221.7	1310	88.3	7.45186863	188.3944913
43-143	23-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	751	25.28151	9923.22464	1310	1390.3	80.3	9.352428394	236.443512
43-143	25-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	635	25.28151	9081.4059	1390.3	1452.7	62.4	10.17628205	257.2717764
43-143	27-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	567	25.28151	7351.6143	1452.7	1528.8	76.1	7.450722733	188.3655213
43-143	29-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	727	25.33992	11387.7947	1528.8	1613.1	84.3	8.62396204	218.5305082
43-143	31-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	765	25.33992	11343.7478	1613.1	1688.3	75.2	10.17287234	257.7797713
43-143	01-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	617	25.33992	8765.6233	1688.3	1750	61.7	10	253.3992
43-143	04-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	665	25.33992	7483.92712	1750	1820	70	9.5	240.72924
<b>Promedio=</b>										<b>9.19257879</b>	<b>235.214796</b>

Fuente: Propia

Cuadro 46. Registro de llenado de tanque ID 43-143 Finca El Chaparral

ID	Fecha	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario (Q)	Costo Total (Q)	Odómetro Anterior (horas)	Odómetro Actual (horas)	Diferencia (horas trabajadas)	Rendimiento (GL/hora)	Costo Hora (Q/hora)
43-146	19-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	698	25.39286	17724.21628	1338.4	1400.5	62.1	11.23993559	285.4141108
43-146	22-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	835	25.39286	21203.0381	1400	1485.2	85.2	9.800469484	248.8619495
43-146	25-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	706	25.39286	17927.35916	1485	1587.3	102.3	6.901270772	175.2430025
43-146	28-nov-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	846	25.39286	21482.35956	1587	1664.8	77.8	10.87403599	276.1228735
43-146	01-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	722	25.39286	18333.64492	1664	1731.2	67.2	10.74404762	272.822097
43-146	04-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	800	25.28151	20225.208	1731	1812.9	81.9	9.768009768	246.9500366
43-146	07-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	629	25.28151	15902.06979	1812	1877.5	65.5	9.603053435	242.7796915
43-146	10-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	654	25.28151	16534.10754	1877	1945.1	68.1	9.603524229	242.7915938
43-146	13-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	561	25.28151	14182.92711	1945	2017.3	72.3	7.7593361	196.1677332
43-146	17-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	817	25.28151	11618.43358	2017	2100	83	9.843373494	248.8553454
43-146	23-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	652	25.28151	9923.22464	2100	2170.7	70.7	9.222065064	233.1477301
43-146	25-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	841	25.28151	9081.4059	2170	2257.8	87.8	9.578587699	242.1611607
43-146	27-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	596	25.28151	7351.6143	2257	2319.3	62.3	9.566613162	241.8584263
43-146	29-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	646	25.33992	11387.7947	2319	2389	70	9.228571429	233.8512617
43-146	31-dic-12	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	736	25.33992	11343.7478	2389	2471.3	82.3	8.942891859	226.6121643
43-146	01-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	760	25.33992	8765.6233	2471	2561	90	8.444444444	213.9815467
43-146	04-ene-13	Motor John Deere 4045TF250 (diesel)	GL	607	25.33992	7483.92712	2561	2635	74	8.202702703	207.8558303
<b>Promedio=</b>										<b>9.37193723</b>	<b>243.0170098</b>

Fuente: Propia

**Cuadro 47. Registro de llenado de tanque ID 43-146 Finca El Chaparral**

La referencia bibliográfica indica que según la curva de desempeño de un motor 4045TF250, de 98 HP a 1,800 RPM, tiene un consumo de combustible de 22.35 lts/hora, que equivalen a 5.91 gal/hora en condiciones ideales.

El consumo calculado en los motores sustituidos en las administraciones AGROPESA y El Chaparral fue de 9.64 gal/hora, muy arriba del consumo teórico de estos motores. Esto se puede dar por diversas situaciones, como desperfectos mecánicos, mala operación del motor, robo de combustible, etc.

El cuadro 48 muestra el resumen de los rendimientos de los motores de gas licuado de petróleo y combustible diesel, tanto el calculado como el indicado por el fabricante.

**Cuadro 48. Resumen de rendimientos calculados y teóricos de los motores de gas licuado de petróleo y combustible diesel.**

Propiedades	Motor Vortec PTO 4.3 L GLP	Motor 4045TF250 Diesel
Rendimiento Calculado	4.93 gal/hora	9.64 gal/hora
Rendimiento Teórico	5.5 gal/hora	5.91 gal/hora
Costo por hora	Q70.23 /hora	Q237.74 /hora

Fuente: Propia.

La forma en que el costo por hora se relaciona con el rendimiento está ligada a la cantidad de combustible con la que se cargó el tanque y la cantidad de horas trabajadas por el motor. Si el motor estuviera comportándose de manera normal, consumiendo todo el combustible en trabajo, el consumo de combustible y el costo por hora deberían de comportarse de manera muy similar. Vemos en cambio como en los motores de combustible diesel se ve un comportamiento fuera de lo normal debido al mal control que se tenía, ya sea robo, mala operación, fugas, etc.

Para comprender de mejor manera el comportamiento del costo por hora en relación con el rendimiento, la figura 12 muestra el comportamiento del consumo de los motores de diesel y la figura 13 muestra el comportamiento del costo por hora de los mismos.

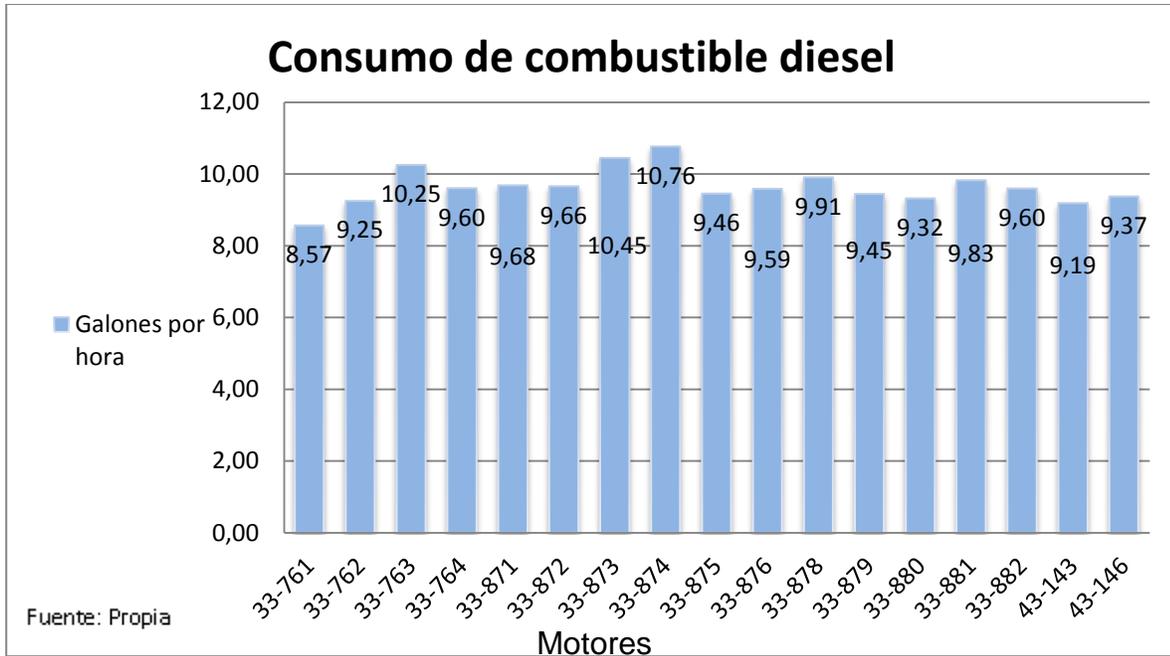


Figura 12. Consumo de los motores de combustible diesel.

Se puede observar que el consumo no está ligado al costo que se estaba teniendo por la operación, como se puede apreciar en el motor 33-878 donde a pesar de tener un consumo que se comporta como la mayoría, tiene un costo por hora muy alto en comparación a los demás. El cuadro 36 de registro de llenado de tanque, en la fecha 12 de diciembre del 2012 indica que el motor trabajó 24 horas y consumió un total de 765 galones de combustible indicando un consumo fuera de lo normal de 31.875 galones por hora.

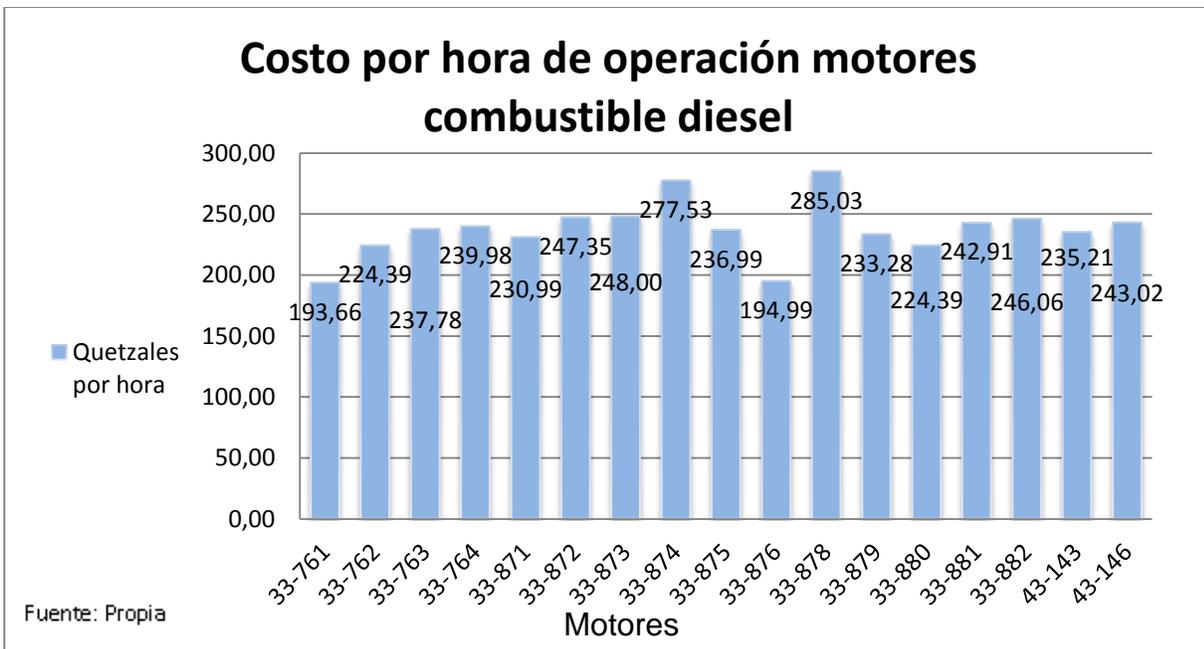


Figura 13. Costo por hora de operación de los motores de combustible diesel.

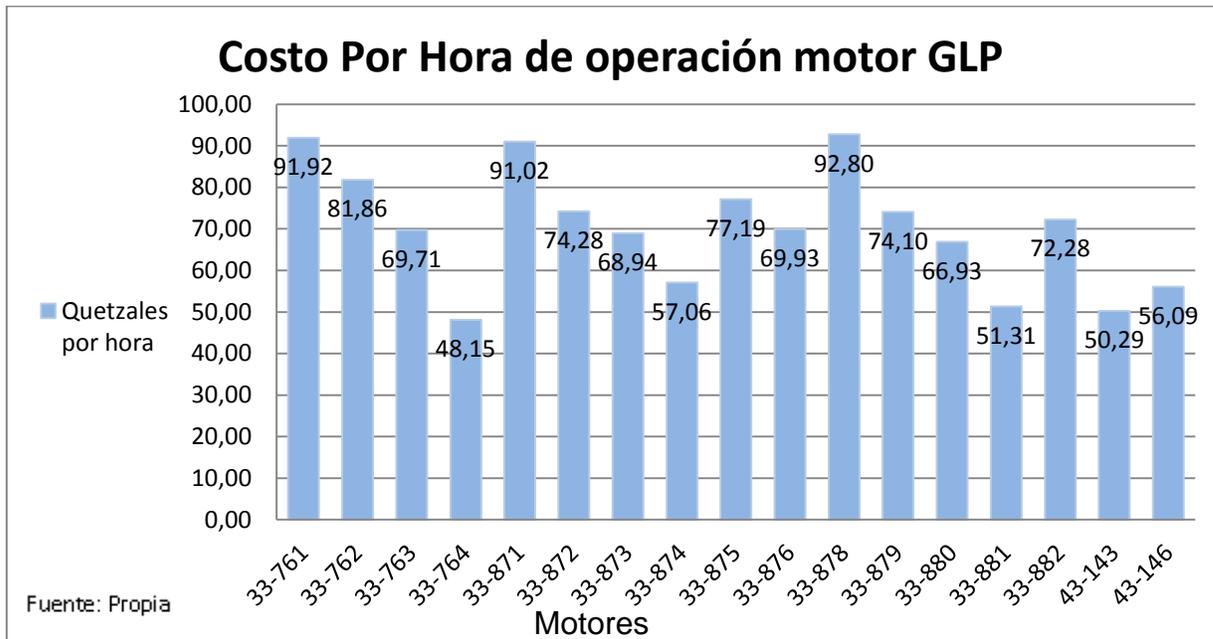


Figura 14. Costo por hora de operación de los motores de GLP

La figura 15 muestra el comportamiento del consumo de los motores de gas licuado de petróleo y la figura 14 detalla el comportamiento del costo por hora de estos. Se puede notar que el comportamiento del consumo de gas y del costo por hora es muy parecido, esto es debido a que el consumo de gas ha sido acorde a las horas trabajadas por el motor.

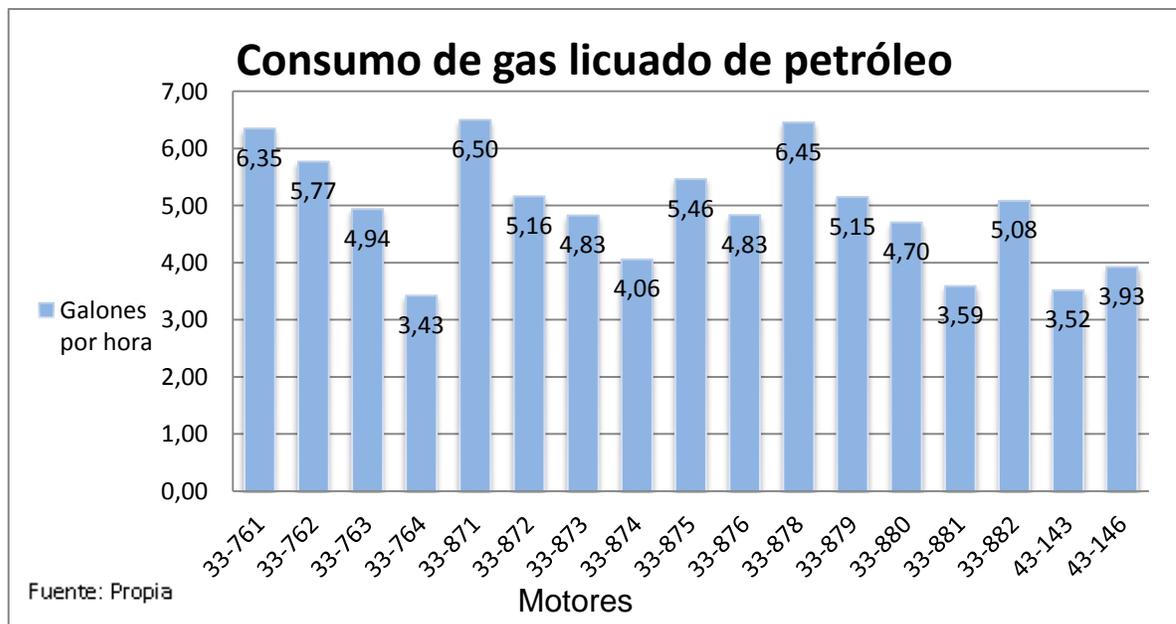


Figura 15. Consumo de gas licuado de petróleo

## 2.7.2 Costos de operación y costos de inversión

### 2.7.2.1 Costos de operación

El Ingenio Magdalena S.A. utiliza el riego de mini aspersión. Uno de los aspectos técnicos de esta tecnología es el tiempo que se lleva en regar una hectárea, como indica el cuadro 4, que es de 2.77 horas/ha, esta cantidad se obtiene dividiendo la cantidad de horas por turno de riego entre la cantidad de área que se riega por turno:

$$\frac{12 \text{ horas}}{4.32 \text{ ha}} = 2.77 \text{ horas/ha.}$$

Al multiplicar el costo por hora de operación de los motores con la cantidad de horas por hectárea obtenemos la tarifa de combustible en quetzales por hectárea.

Gas licuado de petróleo:

$$Q 70.23/\text{hora} \times 2.77 \text{ horas/ha} = Q 194.54 /\text{ha.}$$

Combustible diesel:

$$Q 237.74/\text{hora} \times 2.77 \text{ horas/ha} = Q 658.54 /\text{ha.}$$

El cuadro 49 muestra los costos de la mano de obra por hectárea para las fincas con motores de gas licuado de petróleo para la zafra 2012-2013. La mano de obra indirecta hace mención a los colaboradores que operan directamente el riego, la mano de obra indirecta refiere a los colaboradores que laboran como ayudantes de labores varias e hicieron trabajos menores relacionados al riego, los materiales descritos son aquellos que fueron utilizados para alguna reparación menor con el sistema de bombeo de la cual no era necesaria la asistencia de taller.

Cuadro 49. Costos de mano de obra zafra 2012-2013

FINCA	AREA (Ha)	DIRECTO			INDIRECTO			DIRECTO MAS INDIRECTO	
		MANO OBRA	MATERIALES	TOTAL/Ha	MANO OBRA	MATERIALES	TOTAL/Ha	Total / Ha	Total
Candelaria	87.94	Q 58.81	Q 1.40	Q 60.21	Q 0.95	Q 0.80	Q 1.75	Q 61.96	Q 5,448.76
Chaparral	270.61	Q 55.39	-	Q 55.39	Q 0.20	-	Q 0.20	Q 55.59	Q 15,043.21
Corral Blanco	103.57	Q 67.71	-	Q 67.71	Q 3.00	-	Q 3.00	Q 70.71	Q 7,323.43
Elycar	86.8	Q 65.12	Q 2.62	Q 67.74	Q 0.41	Q 2.62	Q 3.03	Q 70.77	Q 6,142.84
La Conquista	26.84	Q 62.77	-	Q 62.77	Q 2.83	-	Q 2.83	Q 65.60	Q 1,760.70
Libano	142.67	Q 73.78	-	Q 73.78	Q 2.23	-	Q 2.23	Q 76.01	Q 10,844.35
Montaña Larga	264.31	Q 69.94	Q 2.10	Q 72.04	Q 1.05	-	Q 1.05	Q 73.09	Q 19,318.42
Rosario	90.2	Q 66.11	Q 0.30	Q 66.41	Q 3.50	Q 1.50	Q 5.00	Q 71.41	Q 6,441.18
Santa Irene	348.45	Q 75.92	Q 0.13	Q 76.05	Q 3.20	Q 2.50	Q 5.70	Q 81.75	Q 28,485.79
Sevilla	82	Q 67.84	Q 1.00	Q 68.84	Q 2.00	Q 0.20	Q 2.20	Q 71.04	Q 5,825.28
								<b>Q 69.79</b>	<b>Q 106,633.96</b>

Fuente: Ingenio Magdalena S.A.

El cuadro 50 muestra el total de costo de operación para los motores de gas licuado de petróleo y los motores de combustible diesel.

Cuadro 50. Costos de operación motores de GLP y combustible diesel

Costos de operación	Quetzales por hectárea	
	GLP	Diesel
Tarifa de combustible	Q194.54	Q658.64
Mano de obra	Q69.79	Q69.79
<b>Total</b>	<b>Q264.33</b>	<b>Q728.43</b>

Fuente: Propia

El costo de operación total para los motores de gas licuado de petróleo es de Q264.33 por hectárea y para los motores de combustible diesel es de Q728.43 por hectárea. El costo de la mano de obra es el mismo para ambos motores debido a que no difieren en su modo de operación, haciéndolo un costo irrelevante entre ambos, pero se incluye debido a que es parte importante del costo total de la operación.

Se obtuvo el porcentaje de diferencia entre los motores de gas licuado de petróleo y de combustible diesel en relación al costo de operación del motor de combustible diesel:

$$\frac{Q728.43 /ha - Q264.33 /ha}{Q728.43 /ha} \times 100 = 63.71\%$$

Esto quiere decir que los motores de gas licuado de petróleo son un 63.71% menores en costos de operación que los motores de combustible diesel.

### 2.7.2.2 Costos de inversión

Para el cálculo de los costos de inversión se tomó en cuenta la inversión del equipo, la vida útil esperada según el fabricante, además de la cantidad de horas por hectárea de riego. El cuadro 51 muestra los rubros para calcular la inversión de los motores de GLP y combustible diesel en quetzales por hectárea.

**Cuadro 51. Costos de inversión de los motores de GLP y combustible diesel.**

Costo de inversión	Quetzales por hectárea	
	GLP	Diesel
Concepto		
Costo del motor(Q)	Q68,665.29	Q89,740.00
Vida útil (horas)	32,000	36,000.00
Costo de Depreciación (Q/hora)	Q2.15	Q2.49
Tiempo de riego (hora/ha)	2.77	2.77
Total	<b>Q5.94</b>	<b>Q6.90</b>

Fuente: Propia

El cuadro 51 muestra los rubros para calcular el costo total de inversión. La vida útil es el tiempo que puede trabajar el motor hasta el próximo servicio en el taller, esta cantidad se relaciona dividiendo el costo del motor con la cantidad de horas para obtener el costo de la depreciación en quetzales por hora.

$$\frac{\text{Costo del motor (Q)}}{\text{Vida útil (horas)}} = \text{Costo Unitario (Q/hora)}$$

Motor Vortec PTO 4.3L de GLP:

$$\frac{Q68,665.29}{32,000 \text{ hr}} = Q2.15 \text{ por hora}$$

Motor 4045TF250 combustible diesel:

$$\frac{Q89,740.00}{36,000 \text{ hr}} = Q2.49 \text{ por hora}$$

El costo de la depreciación se multiplica por el tiempo que se lleva el sistema en regar una hectárea para obtener el costo total de la inversión en quetzales por hectárea. El total de la inversión en quetzales por hectárea es de Q5.94 para el motor de gas licuado de petróleo y de Q6.90 para el de combustible diesel, esto debido a que si bien el motor 4045TF250 tiene una vida útil mayor, el costo de un motor es mucho mayor que el de un motor Vortec PTO de GLP.

En relación al costo de inversión de un motor 4045TF250, se puede calcular en qué porcentaje es menor el costo de inversión de un motor Vortec PTO 4.3L:

$$\frac{Q6.90 / \text{ha} - Q5.94 / \text{ha}}{Q6.90 / \text{ha}} \times 100 = 13.39\%$$

Los motores Vortec PTO 4.3L de gas licuado de petróleo tienen 13.39% menos costo de inversión que los motores 4045TF250 de combustible diesel.

### **2.7.3 Cuantificación de pérdidas de combustible diesel**

Comparando el rendimiento teórico de los motores de diesel con el rendimiento promedio de los motores sustituidos en las fincas se pudo calcular la cantidad aproximada de diesel que se perdía por desperfectos mecánicos, robo de combustible, errores humanos en el llenado de tanque y/o la operación.

Se restó el rendimiento calculado de los motores de combustible diesel con el rendimiento que la curva de desempeño muestra en la figura 4, a 1800 revoluciones por minuto, que como muestra el cuadro 3 es de 22.34 litros por hora de trabajo ó 5.91 galones por hora para obtener un índice de pérdida de combustible por hora.

$$\text{Rendimiento calculado} - \text{Rendimiento teórico} = \text{Cantidad de galones por hora perdidos}$$

$$9.64 \text{ gal/hora} - 5.91 \text{ gal/hora} = 3.73 \text{ gal/hora}$$

Este índice de pérdida se multiplicó por las horas que tiene un turno de riego para obtener la cantidad de galones perdidos por turno de riego:

$$3.73 \text{ gal/hora} \times 11 \text{ hr/turno} = 41.03 \text{ gal/turno}$$

Se multiplicó por 2 turnos que hay en un día para obtener los galones perdidos en promedio al día:

$$41.03 \text{ gal/turno} \times 2 \text{ turno/día} = 82.06 \text{ gal/día}$$

Se convirtió la cantidad de galones perdidos al día a galones perdidos por mes:

$$82.06 \text{ gal/día} \times 30 \text{ días/mes} = 2,461.8 \text{ gal/mes}$$

Se multiplicó por los primeros tres meses de la zafra 2012-2013 que trabajaron y se obtuvo la cantidad de galones perdidos por motor de combustible diesel:

$$2461.8 \text{ gal/mes} \times 3 \text{ meses de zafra (nov-enero)} = 7,385.4 \text{ gal por motor.}$$

El costo del galón de combustible promedio para la zafra 2012-2013 fue de Q23.32, multiplicando la cantidad de galones perdidos por motor con dicho costo del combustible se obtuvo el costo de combustible perdido por motor:

$$7,385.4 \text{ gal} \times \text{Q}25.32 / \text{galón} = \text{Q}186,998.33 \text{ por motor.}$$

Dicha cantidad se multiplica por la cantidad de motores sustituidos:

$$\text{Q}186,998.33 \times 17 \text{ motores} = \text{Q}3,178,971.58$$

Se calculó en Q3,178,971.58 la cantidad de dinero perdido por el mal control del combustible durante los tres primeros meses de la zafra 2012-2013, que se toman en cuenta para los siguientes tres meses de zafra como un beneficio de ahorro de no haberse hecho la implementación de los motores de gas licuado de petróleo.

#### **2.7.4 Costo por milímetro aplicado de agua**

El costo por milímetro de agua aplicado se calculó sumando la inversión calculada, los costos de operación y se relacionó con aspectos técnicos del sistema de mini aspersión como la lámina aplicada. El cuadro 52 muestra los datos utilizados para dicho cálculo.

El Ingenio Magdalena S.A. trabaja sus costos utilizando el costo total por milímetro de agua aplicado como costo unitario y así poder calcular en base a láminas de agua aplicadas. Conociendo el costo por milímetro de agua aplicado que genera la utilización de motores de gas licuado de petróleo, se puede saber el costo total al querer disminuir o aumentar la lámina de riego en áreas donde se necesite más lámina por suelos arenosos por ejemplo o menos lámina por suelos arcillosos.

**Cuadro 52. Costo por milímetro de agua aplicado con los motores de GLP y combustible diesel.**

<b>Inversión</b>	<b>Quetzales por hectárea</b>	
<b>Concepto</b>	<b>GLP</b>	<b>Diesel</b>
Costo de la inversión (Q)	Q68,665.29	Q89,740.00
Vida útil (horas)	32,000	36,000
Costo Unitario (Q/hora)	Q2.15	Q2.49
Tiempo de riego (hora/ha)	2.77	2.77
Total	Q5.94	Q6.90
<b>Operación</b>	<b>Quetzales por hectárea</b>	
<b>Concepto</b>	<b>GLP</b>	<b>Diesel</b>
Tarifa de combustible	Q194.54	Q658.64
Mano de obra	Q69.79	Q69.79
Total	Q264.33	Q728.43
<b>Costo de efectuar un riego (Inversión + Operación)</b>	<b>Q270.27</b>	<b>Q735.33</b>
<b>Aspectos Técnicos</b>	<b>Quetzales por milímetro</b>	
Lámina de riego aplicada (mm)	55	55
<b>Costo total por milímetro de agua aplicado</b>	<b>Q4.91</b>	<b>Q13.37</b>

Fuente: Propia

Como se muestra en el cuadro 52, el total de los costos de operación en quetzales por hectárea, se sumó al costo de inversión para obtener el costo de efectuar un riego.

Gas licuado de petróleo:

$$Q5.94/\text{hectárea} + Q264.33/\text{hectárea} = Q270.27/\text{hectárea}$$

Combustible diesel:

$$Q6.90/\text{hectárea} + Q728.43 = Q735.33/\text{hectárea}$$

Esta cantidad se dividió entre 55 milímetros de agua por hectárea, que es la lámina que se aplica en cada riego con el riego mini aspersión, para obtener el costo por milímetro de agua aplicado.

Gas licuado de petróleo:

$$\frac{Q270.27/\text{hectárea}}{55 \text{ mm /hectárea}} = Q4.91/\text{mm}$$

Combustible diesel:

$$\frac{Q735.33/\text{hectárea}}{55 \text{ mm/hectárea}} = Q13.37/\text{mm}$$

El costo por milímetro de agua aplicado para los motores de gas licuado de petróleo es de Q4.91 y para los motores de combustible diesel se estaba teniendo un costo por milímetro de Q13.37.

Sé calculó el porcentaje en disminuyó el costo por milímetro para los motores de gas licuado de petróleo en comparación con los motores de combustible diesel.

$$\frac{Q13.37 / \text{mm} - Q4.91/\text{mm}}{Q13.35 / \text{mm}} \times 100 = 63.05\%$$

El costo por milímetro de agua aplicado en las administraciones AGROPESA y El Chaparral disminuyó 63.05% con la implementación de los motores de gas licuado de petróleo.

### **2.7.5 Beneficios traducidos en ahorros**

Los beneficios económicos obtenidos por la sustitución de los motores de gas licuado de petróleo fueron calculados en porcentajes. El cuadro 53 muestra el porcentaje en que disminuyeron los costos de operación y los costos de inversión con la implementación de los motores de gas licuado de petróleo en las administraciones AGROPESA y El Chaparral.

**Cuadro 53. Beneficios traducidos en ahorro en porcentajes de los motores de GLP en comparación con los motores de diesel.**

Concepto	Motores diesel	Motores GLP	Porcentaje
Inversión (Q/ha)	Q6.90 /ha	Q5.94 /ha	13.39%
Operación (Q/ha)	Q728.43/ha	Q264.33 /ha	63.71%
Costo por milímetro (Q/mm)	Q13.37 /mm	Q4.91 /mm	63.05%

Fuente: Propia

El beneficio por concepto de inversión de los motores de gas licuado de petróleo es del 13.39%, el beneficio en el costo de operación es del 63.71% y el costo de regar un milímetro de agua es 63.05% más barato que cuando se operaba con los motores de combustible diesel, es evidente que el problema de control de combustible afectaba financieramente el riego en las administraciones de AGROPESA y El Chaparral.

El monto perdido estimado por mal control de combustible en las administraciones AGROPESA y El Chaparral es de Q3,178,971.58 para los primeros tres meses de la zafra 2012-2013. La implementación de los motores de gas licuado de petróleo benefició a las administraciones de AGROPESA y El Chaparral evitando pérdidas por mal control de combustible.

### 2.7.6 Emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente

Se cuantificó la cantidad de carbono que el gas licuado de petróleo emite al ambiente al ser utilizado. El cuadro 54 muestra los factores de conversión para el cálculo de kilogramos de carbono por litro de combustible consumido en la industria y agricultura para el combustible diesel y el gas licuado de petróleo. Estos datos son en base a la comisión internacional del cambio climático de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

**Cuadro 54. Factores de conversión para el cálculo de emisiones de carbono en la industria y agricultura.**

Combustible	Factor de emisión
GLP (lts)	2.96 kg/CO <sub>2</sub> por litro GLP
Diesel de petróleo (lts)	3.19 kg/CO <sub>2</sub> por litro Diesel

Fuente: Comisión Internacional del Cambio Climático (ONU)

Para el cálculo de los kilogramos de carbono emitidos se convirtió la cantidad de galones por hora consumidos de gas licuado de petróleo a litros por hora.

$$4.93 \text{ gal/hora} \times 3.785 \text{ litros/gal} = 18.66 \text{ litros/hora}$$

El rendimiento en litros por hora se multiplica con los factores de conversión:

$$18.66 \text{ litros/hora} \times 2.96 \text{ kg/CO}_2 \text{ por litro GLP} = 55.23 \text{ kgCO}_2 \text{ por litro GLP.}$$

El gas licuado de petróleo emite al ambiente 55.23 kgCO<sub>2</sub> por litro de gas consumido. No se puede calcular la cantidad de kilogramos emitidos por los motores de combustible diesel debido a que el rendimiento calculado se ve afectado por el descontrol que se tuvo con los llenados de combustible donde se reportaron fugas, robos de diesel, demasiados paros por desperfectos mecánicos, etc.

Al analizar los factores de conversión si se puede obtener un porcentaje entre la diferencia del factor para el combustible diesel y el de gas licuado de petróleo, habiendo una diferencia del 7.21% entre las emisiones de gas licuado de petróleo y el combustible diesel.

$$\frac{3.19 \text{ kg/CO}_2 - 2.96 \text{ kg/CO}_2}{3.19 \text{ kg/CO}_2} \times 100 = 7.21\%$$

Esto quiere decir que el gas licuado de petróleo teóricamente emite al ambiente un 7.21% menos kilogramos de carbono por litro consumido que el combustible diesel, ya que su combustión genera menor energía y sus emisiones de dióxido de carbono, monóxido de carbono e hidrocarburos no metanos es menor que la del combustible diesel.

## 2.8 CONCLUSIONES

1. El costo de operación de los motores de gas licuado de petróleo es de Q264.33 por hectárea; el costo de operación para los motores de combustible diesel es de Q728.43 por hectárea, siendo un 63.71% menor para los motores de gas licuado de petróleo. El costo de inversión para los motores de gas licuado de petróleo es de Q5.94 por hectárea y para los motores de combustible diesel es de Q6.90 por hectárea, siendo 13.91% menor para los motores de gas licuado de petróleo en comparación con los motores de combustible diesel.
2. El rendimiento promedio para los motores de gas licuado de petróleo fue de 4.93 galones por hora con un costo por hora trabajada de Q70.23; el rendimiento promedio para los motores de combustible diesel fue de 9.64 galones por hora y un costo por hora de Q237.74. El costo por milímetro de agua aplicado para los motores de gas licuado de petróleo fue de Q4.91 y para los motores de combustible diesel fue de Q13.31, siendo un 63.05% menor el costo para los motores de gas licuado de petróleo.
3. Los motores de gas licuado de petróleo representan una opción más rentable por beneficios de ahorro debido a que el costo de inversión es 13.91% menor en comparación con los motores de combustible diesel y el costo de operación es 63.71% menor que los motores de combustible diesel, lo que representó en la zafra 2012-2013 un ahorro de Q3,178,971.58 en pérdidas por mal control de combustible, además liberan al ambiente un 7.21% menos kilogramos de dióxido de carbono por litro de combustible consumido que los motores de diesel, siendo más amigables al ambiente.

## 2.9 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de motores Vortec PTO 4.3L de gas licuado de petróleo por tener una inversión 13.91% menor a la de los motores 4045TF250 de combustible diesel.
2. Se recomienda el uso de motores de gas licuado de petróleo porque las emisiones de carbono son menores que los motores de combustible diesel.
3. Se recomienda el uso de motores de gas licuado de petróleo en zonas consideradas como peligrosas y donde existe el riesgo de pérdidas de combustibles por robos y/o pérdidas incontrolables de diesel.
4. Se recomienda capacitar a los operadores y regadores para que se tenga una mejor inspección del combustible en las fincas y así poder evitar pérdidas económicas por mal control de llenados de combustible, fugas del sistema y robos por terceras personas.

## 2.10 BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, L. 2012. Un mercado que asciende: precios bajos avivan la llama entre compañías distribuidoras de gas licuado de petróleo para atraer consumidores. El Periódico, Guatemala, set 3:12.
2. André Sarmiento, OB. 2005. Diseño y análisis económico de una instalación de gas licuado de petróleo aplicada al edificio Millenium de la ciudad de Loja. Tesis Ing. Mec. Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Litoral. 213 p.
3. Comisión Internacional del Cambio Climático, SW. 2012. Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Suiza. 74 p.
4. General Motors Company, US. 2011. Vortec 4.3L V-6 industrial engine, manual del fabricante. Estados Unidos. 2 p.
5. Horngren, C; Foster, G; Datar, S. 2002. Contabilidad de costos, un enfoque gerencial. Marisa De Anta. 10 ed. México, Pearson Educación. 928 p.
6. John Deere, US. 2003. Power Tech 4045T motor diesel, especificaciones, manual del fabricante. Waterloo, IA, Estados Unidos. 2 p.
7. Mendoza, D. 2013. Aplicación de GLP al automóvil. Aficionados a la Mecánica 4(118):5-9.
8. Pinto Grotewold, JS. 2011. Diseño del sistema de riego por mini aspersión para caña de azúcar (*Saccharum spp.*), diagnóstico y servicios en la finca San Nicolás, del Ingenio Magdalena, Parcelamiento La Máquina, Cuyotengango, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 124 p.
9. Ramos Maldonado, FJ. 2006. Análisis de agua para consumo humano en el área urbana del puerto de San José, departamento de Escuintla. Tesis Ing. QQ. Guatemala, USAC. 71 p.
10. Riquiac Ramírez, MA. 2011. Auditoría externa al rubro de inventarios en una comercializadora de gas licuado de petróleo. Tesis Contador Público y Auditor. Guatemala, USAC. 158 p.
11. Sandoval Illescas, JE. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345 p.



*Rolando Ramos*



### **CAPÍTULO III**

**Informe de servicios realizados en el departamento de Ingeniería Agrícola del Ingenio  
Magdalena, La Democracia, Escuintla, Guatemala, C.A.**



### **3.1 PRESENTACIÓN**

El departamento de Ingeniería Agrícola del Ingenio Magdalena S. A. realiza actividades relacionadas en su mayoría al diseño y ejecución de proyectos de riego y drenaje, para obtener mejores rendimientos en la producción de caña de azúcar en la región de la costa sur del país.

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se elaboró un diagnóstico del departamento de Ingeniería Agrícola y específicamente en el área de drenaje agrícola, en el mismo se identificaron y priorizaron tres actividades necesarias en el departamento para mejorar el rendimiento de caña de azúcar en cuanto a riego y drenaje agrícola. Estas actividades son: diseño y supervisión de la instalación de un sistema de mini aspersión en la finca Santa Cristina, sondeo de niveles de los pozos de las administraciones Retalhuleu e Iacán y diseño del trazo de canales para el riego por gravedad de la finca Cádiz en Masagua a partir del plano de curvas a nivel.

### **3.2 OBJETIVO GENERAL**

Colaborar con el departamento de Ingeniería Agrícola a solucionar la problemática priorizada en el diagnóstico.

### **3.3 DISEÑO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR MINI ASPERSIÓN PARA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) EN EL ÁREA EXPERIMENTAL DE LA FINCA SANTA CRISTINA, DEL INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA, GUATEMALA C.A.**

El ingenio magdalena se ha caracterizado por estar siempre a la vanguardia con la tecnología en cuanto a los aspectos técnicos en la producción y procesamiento de la caña de azúcar.

Una modalidad relativamente nueva, nacida en Guatemala, es la de riego por mini aspersión, generada para irrigar caña de azúcar exclusivamente, es operada por dos personas, que en 12 horas riegan un promedio de 4.3 hectáreas aplicando una lámina de 55 mm en menor presión con una frecuencia de alrededor de 12 días.

Dentro de las ventajas que existen en la mini aspersión en comparación con la aspersión por cañón utilizada anteriormente, están que requiere menos traslado de equipo de irrigación, se mejora la calidad de la misma, aumenta el área diaria regada y minimiza el costo energético, entre otras.

El Ingenio Magdalena cuenta con un departamento de investigación y dentro de su plan operativo contempló realizar un proyecto para evaluar diferentes frecuencias de riego en distintas variedades y tipos de suelo con el fin de optimizar el riego mini aspersión, en el área experimental, desean emular la mini aspersión en un área reducida pero representativa. Con base a lo anterior se planifica el servicio de diseño, planeación e instalación del proyecto de riego para el área experimental de la finca Santa Cristina del Ingenio Magdalena.

### **3.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Diseñar un sistema de riego acorde a las necesidades del área experimental de la finca Santa Cristina.
2. Determinar el costo total del proyecto.

### **3.3.2 METODOLOGÍA**

El diseño y ejecución del sistema de riego para el área experimental de la finca Santa Cristina se dividió en cinco fases:

#### **3.3.2.1 Selección del área experimental**

El departamento de investigación seleccionó el área experimental buscando una finca que estuviera cerca de la planta del ingenio, debido a que las oficinas de investigación e ingeniería agrícola se ubican en la misma, además de que cumpliera con los requisitos que se deseaban evaluar en el experimento como el terreno variado, fuentes de agua y buen acceso.

El diseño de esta área estuvo a cargo tanto del departamento de ingeniería agrícola con el apoyo del departamento de investigación debido a que la siembra del área estuvo sujeta a la disposición de aspersores para obtener un riego uniforme.

Como departamento de ingeniería agrícola solo se tuvo a cargo el diseño del sistema de riego y la instalación del mismo, el resto del experimento es una actividad del departamento de investigación.

#### **3.3.2.2 Fase de recopilación de información**

En esta fase se recopiló la información necesaria para desarrollar el sistema de riego, tales como:

El plano de la finca Santa Cristina, delimitando el área, puntos de captación de agua posible, redes de caminos, condicionantes del relieve, área total a regar, etc. (Ver figura 16 y figura 17)

Se continuó con la visita de campo en el área experimental y con el apoyo del área de planificación de fincas del departamento de ingeniería agrícola, se realizó el levantamiento topográfico.

### **3.3.2.3 Fase de diseño del sistema de riego**

Debido a que el proyecto de investigación es para evaluar distintas láminas de agua en varios tipos de suelo y diferentes variedades de caña de azúcar, no fue necesaria la realización del diseño agronómico, debido a que estas variables se medirán en el proyecto de investigación.

Se realizó el diseño hidráulico calculando tuberías principales, tuberías secundarias y puntos de captación de agua según el plano del área experimental, el departamento de Ingeniería Agrícola utiliza una hoja electrónica diseñada para el cálculo de la tubería de conducción, que fue utilizada en este diseño, se tomó en cuenta no sobrepasar los 2.10 m/seg de velocidad del agua, con base en las tuberías principales y secundarias se realizó el diseño de las parcelas experimentales.

### **3.3.2.4 Fase de instalación de tubería y ejecución del proyecto**

Con el diseño de las parcelas experimentales realizó la instalación de la tubería de riego, comenzando con los acoples de la tubería principal a los módulos de riego aledaños al experimento, partiendo de la fuente de agua, se hizo un estaquillado para la excavación del terreno y la instalación de la tubería principal, posteriormente, se requirió de nuevo del apoyo del área de planeación de fincas para la ubicación precisa de los aspersores en las parcelas, con base a esta actividad se instaló la tubería conductora dentro de las parcelas.

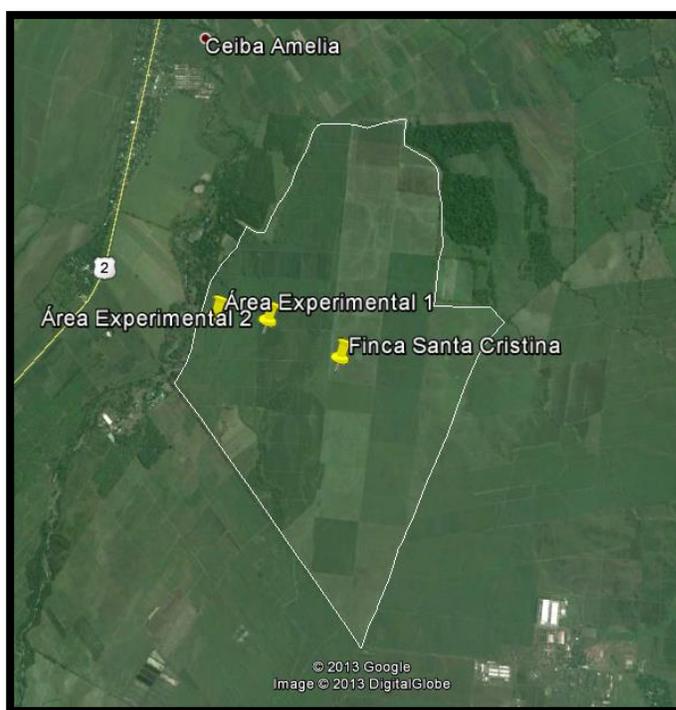
### **3.3.2.5 Fase de prueba del sistema y entrega**

Después de la instalación del sistema de riego se hizo una prueba de bombeo tomando la presión en el aspersor crítico y se cercioró que cumpliera con los parámetros de diseño esperados, con base en lo anterior se hizo entrega del proyecto al departamento de investigación.

### 3.3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.3.3.1 Selección del área experimental

La selección del área experimental fue realizada por el departamento de investigación tomando en cuenta características que fueran heterogéneas en cuanto al terreno, la proximidad del área a la planta del ingenio y la facilidad del acceso para los muestreos necesarios.



**Figura 16. Ubicación espacial de la finca Santa Cristina así como de las áreas experimentales.**  
Fuente: Propia.

Su ubicación se encuentra a 5 kilómetros de la planta del Ingenio, con coordenadas latitud  $14^{\circ}8'37.44''$ Norte y longitud  $90^{\circ}56'57.98''$ Oeste. Dentro de la finca se encuentran las áreas experimentales en los puntos latitud  $14^{\circ}8'50.01''$ Norte y longitud  $90^{\circ}57'35.05''$ Oeste para el área experimental número 1 y en latitud  $14^{\circ}8'48.34''$ Norte y longitud  $90^{\circ}57'19.54''$ Oeste para el área experimental número 2. La figura 16 muestra la ubicación espacial de las coordenadas mencionadas.

Se decidieron dos áreas experimentales debido a que el área experimental 1 tiene un suelo franco y el área experimental dos cuenta con un suelo arenoso, dos de las variables a analizar por el departamento de investigación.

### 3.3.3.2 Recopilación de información necesaria

La figura 16 muestra el plano de la finca Santa Cristina desde donde se partió con el diseño del sistema de riego. Se establecieron los límites y el área de las parcelas. El área experimental 1 cuenta con 8 parcelas en total, 5 de ellas con un área de  $1,189 \text{ m}^2$ , 1 parcela de  $1,394 \text{ m}^2$  y 1 parcela de  $2,911 \text{ m}^2$ . El área experimental 2 tiene un total de 7 parcelas, de las cuales 6 parcelas tienen un área de  $1,189 \text{ m}^2$  y 1 parcela tiene  $2,910 \text{ m}^2$ . En total las dos áreas experimentales sumadas tienen un área de  $20,294 \text{ m}^2$ .

El área experimental de la finca Santa Cristina se encuentra ubicada entre dos módulos de riego, esto quiere decir que aledaño al área experimental hay tubería conductora de agua para riego de la caña de azúcar que es para producción. Se decidió establecer el área experimental en este punto para aprovechar la conducción de estos sistemas ya establecidos en la finca y tener dos puntos de captación de agua. La figura 17 muestra los puntos de captación de agua.



**Figura 17. Ubicación de los puntos de captación de agua.**

Fuente: Propia.

Se tomaron dos puntos de captación de dos sistemas de riego independientes el uno del otro, esto con el fin de si por cualquier circunstancia fallara uno de los dos sistemas de riego, se puede cerrar la válvula de paso de ese punto de captación y abrir la válvula de paso del otro punto de captación y seguir regando el área experimental.

El área experimental está cercana a los caminos de acceso de la finca y no muy separados la una de la otra. Se decidió dejar un espacio de 5 metros de caña entre parcela para evitar que el riego de una parcela afecte a las parcelas cercanas.

### **3.3.3.3 Diseño del sistema de riego**

Debido a que se trata de la instalación para un experimento, se tomaron en cuenta los parámetros del diseño agronómico estándar que utiliza un sistema de mini aspersion en campo y así poder emular las condiciones que se dan al momento de regar, el cuadro 55 muestra los parámetros que el sistema de riego utilizará para el experimento del departamento de investigación.

**Cuadro 55. Aspectos de diseño y operación de un sistema de mini aspersión**

Tiempo de Riego (Horas)	12
Área Regada por Cambio (Ha)	4.32
Movimientos por día	2
Horas trabajadas por día (Horas)	24
Área Regada por día (Ha)	8.64
Jornales	4
Hectáreas por Jornal (Ha)	2.16
Carga dinámica total (m)	51
Hf del lateral (m)	38.89
Hf de la principal (m)	12.86
Hp del motor	68.75
Caudal del Aspersor (gpm)	4.4
Presión de operación (psi)	45
Diámetro de mojado (mts)	30
Intensidad de riego (mm/hr)	4.63
Coefficiente Uniformidad Aspersor (%)	85.08
Distancia entre aspersores (m)	12
Distancia entre laterales (m)	18
Caudal del aspersor (m <sup>3</sup> /hr)	1
Número de aspersores	200
Número de laterales	10
Área regada por aspersor (ha)	0.00216
Tiempo de riego por hectárea (hr/ha)	2.77
Lámina aplicada (mm)	55
Frecuencia de riego (días)	12
Regadores por turno	2

Fuente: Sandoval Illescas, JE. 1989.

La profundidad a la que se enterró la tubería principal fue de 1.10 metros, para que el paso de vehículos de carga pesada y/o liviana no dañaran la tubería de conducción.

Para el diseño y cantidad de tubería a utilizar es necesario diseñar eligiendo el o los diámetros más económicos. La velocidad del agua en la tubería no debe de sobre pasar los 2.10 m/seg. Para conocer el diámetro de la tubería y la cantidad de tubería necesaria, se utilizó la hoja electrónica destinada para esta actividad y obtener el resultado más económico en función de la buena operación del sistema de riego.

**Cuadro 56. Ejemplo de la hoja electrónica utilizada para el cálculo de laterales y salidas, parcela experimental número 1 para los tres primeros aspersores.**

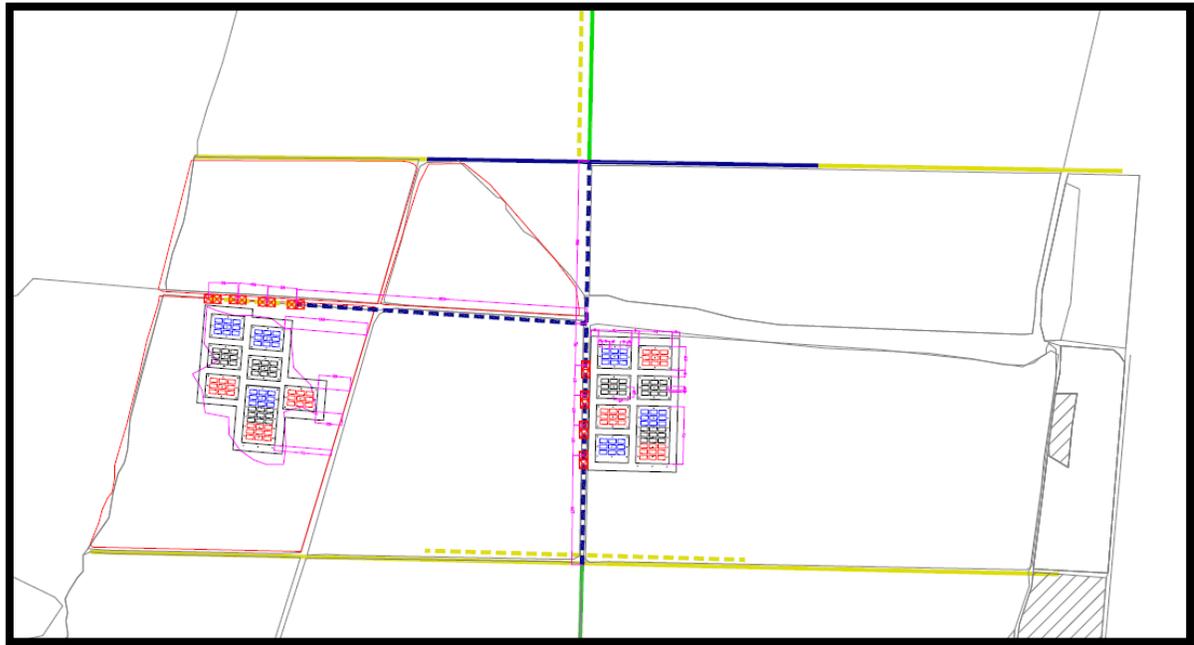
<b><u>CALCULO DE LATERAL NO UNIFORME</u></b>									
								PVC	150
CAUDAL POR ASPERSOR		4.4		gpm.		ALUM			130
PRESION ULTIMO ASPERSOR		45		psi.		HG			110
MARGEN DE SEGURIDAD		1							
		DATOS VARIABLES							
		NO MODIFICAR							
TRAMO	LONG.	ASPER	CAUDAL	CAUDAL	DIAM.	FRICC	PRES	VEL	COEF C
numero	m.	un.	gpm	total	mm.	psi	psi	m/s	de fricción
1	12	1	4.40	4.40	20.00	0.82	45.82	0.88	150.00
2	12	1	4.40	8.80	20.00	2.97	48.79	1.77	150.00
3	12	1	4.40	13.20	25.00	2.12	50.91	1.70	150.00
4	18	0	0.00	13.20	25.00	3.18	54.08	1.70	150.00
5	20	0	0.00	13.20	38.00	0.46	54.54	0.73	150.00
6	72	0	0.00	13.20	108.00	0.01	54.55	0.09	150.00

Fuente: Propia.

Como se puede observar en el cuadro 56, los primeros tres tramos corresponden a las salidas de aspersores sobre la lateral crítica donde se debe de tener una presión de salida de 45 psi, seguido de tres tramos adicionales de tubería conductora que no llevan carga de aspersores, y se fue variando el diámetro de la tubería para seleccionar tubería de diámetro menor y de menor costo, siempre dentro de la velocidad permitida. Este proceso se repitió en los demás puntos de salida para poder reducir los costos de tubería al máximo sin comprometer la operación del sistema.

Se procedió con el dibujo del diseño en el software dedicado a esta actividad, con esto se realizó gran parte del diseño hidráulico teniendo la cantidad de tubería a instalar con sus diferentes accesorios. Posteriormente se solicitó la cotización del proveedor para realizar la

compra de estos accesorios y tubería. La figura 18 muestra el diseño de la tubería principal que conduce el agua a las dos áreas experimentales.



**Figura 18. Plano del área experimental de la finca Santa Cristina y tuberías aledañas.**  
Fuente: Propia.

La figura 19 muestra la nomenclatura de la tubería instalada, correspondiendo un color para un determinado diámetro de tubería.

NOMENCLATURA TUBERIA PVC	
	TUBO PVC DE 3/4"
	TUBO PVC DE 1"
	TUBO PVC DE 1 1/2"
	TUBO PVC DE 2"
	TUBO PVC DE 3"
	TUBO PVC DE 4"
	TUBO PVC DE 6"

**Figura 19. Nomenclatura de la tubería instalada.**  
Fuente: Propia.

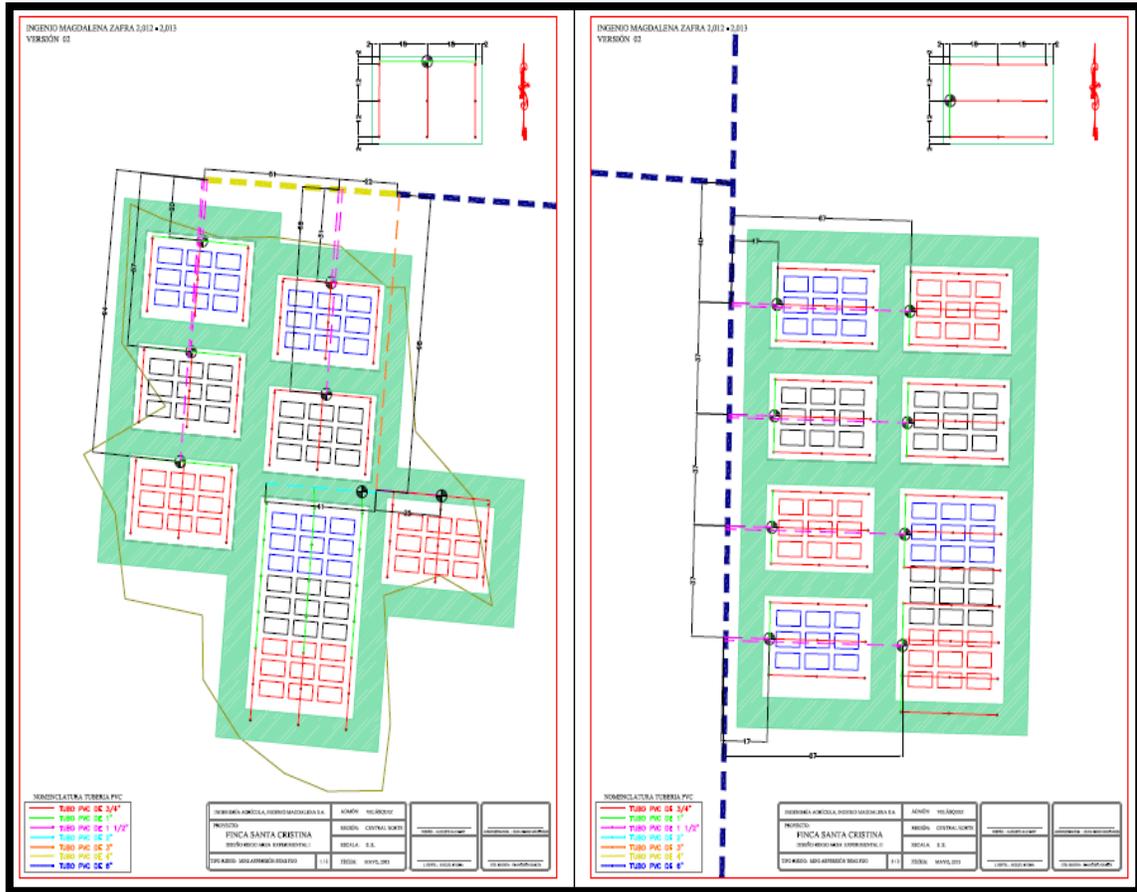
El cuadro 57 muestra la descripción de los materiales utilizados en la instalación del sistema de riego en la finca Santa Cristina, la cantidad de cada material y los costos unitarios.

**Cuadro 57. Descripción del material utilizado en la finca Santa Cristina del diseño hidráulico.**

Descripción	Cantidad (unidades)	Costo Unitario (Q)	Total (Q)
Tubo de 6"	153	Q319.20	Q48,837.60
Tubo de 4"	13	Q129.29	Q1,680.77
Tubo de 3"	18	Q76.45	Q1,376.10
Tubo de 2"	7	Q69.83	Q488.81
Tubo de 1.5"	108	Q51.92	Q5,607.36
Tubo de 1"	79	Q42.29	Q3,340.91
Tubo de 3/4"	262	Q38.65	Q10,126.30
Llaves de mariposa de 1.5"	14	Q37.69	Q527.66
Llaves de mariposa de 2"	1	Q45.95	Q45.95
Reducidor de 1" a 3/4"	33	Q2.98	Q98.34
Reducidor de 4" a 1.5"	5	Q44.34	Q221.70
Reducidor de 4" a 3"	1	Q56.14	Q56.14
Reducidor de 1.5" a 1"	11	Q7.50	Q82.50
Reducidor de 6" a 1"	8	Q27.98	Q223.84
Reducidor de 3" a 2"	1	Q18.76	Q18.76
Reducidor de 2" a 1"	3	Q12.50	Q37.50
Reducidor de 3" a 1.5"	1	Q9.82	Q9.82
Reducidor de 1.5" a 3/4"	3	Q3.56	Q10.68
Reducidor de 6" a 4"	1	Q125.23	Q125.23
Tapón con rosca de 4"	1	Q35.65	Q35.65
Tapón con rosca de 3/4"	45	Q2.87	Q129.15
Tee de 6"	1	Q226.60	Q226.60
Tee de 1"	11	Q14.69	Q161.59
Tee de 3/4"	147	Q2.94	Q432.18
Tee de 2"	1	Q19.29	Q19.29
Tee de 3"	1	Q22.51	Q22.51
Silletas de epóxico de 4" a 2"	6	Q276.18	Q1,657.08
Silletas de epóxico de 6" a 2"	8	Q370.49	Q2,963.92
Codos de 3/4"	28	Q1.78	Q49.84
Aspersores Naandan 3/4" entrada	144	Q45.04	Q6,485.76
Prolongadores de aluminio de 3/4"	720	Q122.40	Q88,128.00
Galones de cemento de unión para PVC	20 galones	Q185.00	Q3,700.00
Galones de solvente	15 galones	Q15.00	Q225.00
Waipe industrial de algodón	15 bolas	Q5.00	Q75.00
			<b>Q177,227.54</b>

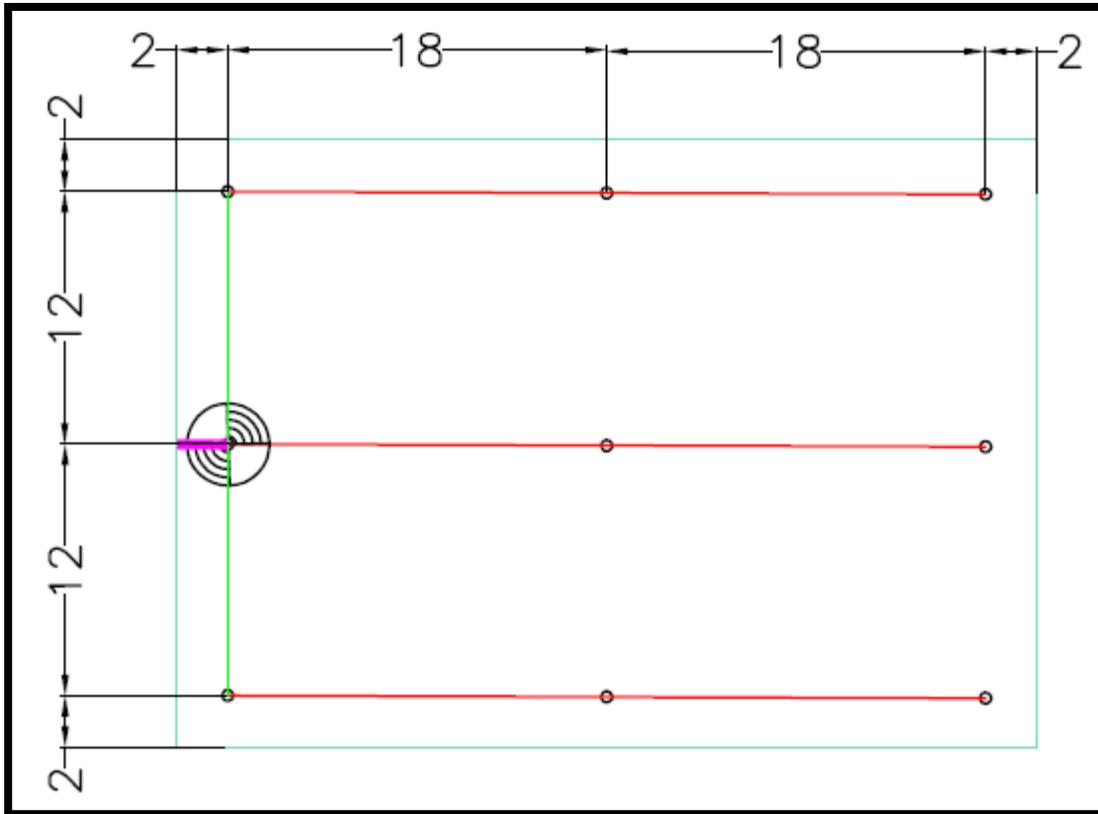
Fuente: Propia

Se diseñó el área experimental en base a los requerimientos de siembra que tiene el departamento de investigación, teniendo 14 parcelas para siembra como se muestra en la figura 20. La posición donde se encuentran los aspersores es de importancia debido a que están ligados a la siembra.



**Figura 20. Diseño interno de parcelas, con llaves sectorizadoras y tubería interna.**  
Fuente: Propia.

La figura 21 muestra la disposición de los aspersores dentro de cada parcela, los distanciamientos y disposición de tubería.



**Figura 21. Diseño del riego para las parcelas.**  
Fuente: Propia.

#### 3.3.3.4 Fase de instalación de tubería y ejecución del proyecto

Se comenzó la instalación del proyecto ubicando los puntos de distribución de agua, que fueron tomados de los módulos aledaños al área experimental de la finca Santa Cristina como se muestra en la figura 22.



**Figura 22. Tubería aledaña destinada como fuente de agua para el experimento.**

Fuente: Propia.

Se procedió a marcar con estacas el lugar donde se haría la excavación para la tubería principal de conducción que alimenta las parcelas de agua como se muestra en la figura 23.



**Figura 23. Estaquillado para la excavación de la tubería principal.**

Fuente: Propia.

Posteriormente se comenzó la excavación de la tubería principal, tomando el lado derecho de la calle de sur a norte como se muestra en la figura 24.



**Figura 24. Excavación de la tubería principal de conducción.**  
Fuente: Propia.

Se realizó la instalación de la tubería conductora haciendo los acoples de tubos de 5.85 metros de longitud. El total de tubería principal de conducción instalado fue de 967 metros.



**Figura 25. Acople de tubos para la conducción principal.**  
Fuente: Propia.

Se instaló la Tee de 6" de diámetro que divide la conducción y la conduce a las parcelas experimentales, y se reforzó con un cemento para evitar daños por el golpe de ariete en el accesorio.



**Figura 26. Proceso de instalación de la Tee de conducción principal.**

Fuente: Propia.

Después de la instalación de la tubería y el tapado de la zanja donde iba la tubería conductora, se hizo el acople de la misma en los puntos de captación de donde se tomaría el agua para regar las parcelas, la figura 27 muestra los acoples hechos en ambos lados de las tuberías aledañas al área experimental y la instalación de llaves de paso.



**Figura 27. Acoples de la tubería principal a las fuentes de agua.**

Fuente: Propia.

Con el apoyo del área de planeación de fincas del departamento de Ingeniería Agrícola, se trazó con una estación total los puntos donde estarían las parcelas dentro de las áreas experimentales para una ubicación espacial adecuada y hacer posible una siembra exitosa y un riego uniforme.



**Figura 28. Trazo de parcelas con estación total dentro de las áreas experimentales.**  
Fuente: Propia.

El trazo de las parcelas con equipo especial topográfico fue importante para poder iniciar el zanjeado de la tubería interna, con el se pudo indicar el punto exacto donde el aspersor debía ser ubicado para regar solamente la parcela para la cual esta designado y se dejaron espacios con caña de azúcar entre las parcelas de cinco metros para no alterar el riego entre las mismas.

Se prosiguió con la excavación para la tubería interna de las parcelas, donde se instalaron diámetros más pequeños de tubería, desde  $\frac{3}{4}$  de pulgada hasta 3 pulgadas, utilizando llaves sectorizadoras para la entrada del riego a cada una de las parcelas experimentales.



**Figura 29. Excavación dentro de las parcelas experimentales.**  
Fuente: Propia.

La figura 30 muestra la instalación de la tubería de menor diámetro dentro de las parcelas experimentales.



**Figura 30. Instalación de tuberías secundarias dentro de las parcelas experimentales.**  
Fuente: Propia.

Se finalizó la instalación de la tubería haciendo las conexiones de las tuberías secundarias con la tubería principal utilizando silletas de epóxico de 4 y 6 pulgadas de diámetro como muestra la figura 31.



**Figura 31. Conexiones de la tubería secundaria a la principal.**

Fuente: Propia.

### **3.3.3.5 Fase de prueba del sistema y entrega del proyecto**

Luego de finalizado la instalación del sistema de riego, se procedió con la prueba de bombeo y operación del equipo instalado, el que se realizó acompañado de los asistentes de diseño y ejecución de proyectos, el jefe de diseño de proyectos y los asistentes de investigación, el objetivo de la actividad fue de que el proyecto cumpliera con los parámetros establecidos para la operación, la figura 32 muestra la limpieza de la tubería instalada, que consiste en accionar el motor de riego y hacer pasar agua a altas presiones para que los restos orgánicos dentro de la tubería sean expulsados, para esto el sistema no tiene que estar presurizado y todos los tapones deben de estar abiertos para que no haya colapsos de la tubería por las altas presiones del lavado.



**Figura 32. Limpieza de la tubería principal de conducción.**  
Fuente: Propia.



**Figura 33. Aspersores de las áreas experimentales en funcionamiento.**  
Fuente: Propia.

Luego se realizó la construcción de las cajas sectorizadoras donde se encuentran las llaves de paso para las diferentes parcelas experimentales así como las fuentes de agua.



**Figura 34. Construcción de las cajas sectorizadoras con las llaves de paso.**  
Fuente: Propia.

El proyecto fue entregado satisfactoriamente al departamento de Investigación.

### 3.3.4 CONCLUSIONES

1. Se diseñó e instaló un sistema de riego semi fijo de mini aspersión como apoyo al departamento de Investigación del ingenio, el cual consta de dos áreas experimentales, el área experimental 1 cuenta con 8 parcelas en total, 5 de ellas con un área de 1,189 m<sup>2</sup>, 1 parcela de 1,394 m<sup>2</sup> y 1 parcela de 2,911 m<sup>2</sup>. El área experimental 2 tiene un total de 7 parcelas, de las cuales 6 parcelas tienen un área de 1,189 m<sup>2</sup> y 1 parcela tiene 2,910 m<sup>2</sup>. En total las dos áreas experimentales sumadas tienen un área de 20,294 m<sup>2</sup>. Se instalaron 967 metros de tubería principal de conducción y se entregó el proyecto con la prueba de bombeo.
2. El costo fijo total del proyecto fue de Q177,227.54 en cuanto a tubería y accesorios, el costo variable y la mano de obra fueron absorbidos por el departamento de Investigación ya que depende de ellos la continuidad del experimento que desean realizar.

### **3.3.5 RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda la construcción de cajas sectorizadoras individuales para las llaves de mariposa que abren y cierran el paso del agua en las parcelas experimentales.
2. Se recomienda la siembra de la caña de azúcar para las distintas parcelas experimentales hacerse conforme a la disposición de los aspersores en base al diseño del sistema de riego, con el fin de hacer riego eficiente y obtener valores representativos durante la toma de datos.
3. Dejar la caña dispuesta entre parcelas experimentales a una altura mayor al alcance del aspersor y así evitar el riego entre parcelas y la interacción del riego entre tratamientos.
4. Es necesario retirar los aspersores y los tubos elevadores durante la cosecha de caña de las parcelas para evitar daños en el sistema de riego.

### 3.3.6 BIBLIOGRAFÍA

1. Pinto Grotewold, JS. 2011. Diseño del sistema de riego por mini aspersión para caña de azúcar (*Saccharum spp.*), diagnóstico y servicios en la finca San Nicolás, del Ingenio Magdalena, Parcelamiento La Máquina, Cuyotengango, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 124 p.
2. Sandoval Illescas, JE. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345 p.



Rolando Ramos.

### **3.4 DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD PARA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) A NIVEL DE PROPUESTA PARA LA FINCA CÁDIZ, MASAGUA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

La técnica de riego para cultivos más antigua utilizada por el hombre es el riego por gravedad, el riego por gravedad tiene un costo menor en comparación con las técnicas de riego más desarrolladas como el riego por goteo y la mini aspersión.

Para poder implementar un riego por gravedad se debe de comenzar por determinar los elementos fundamentales del diseño y operación y se deben de manejar varios criterios de importancia, tales como la conformación de los surcos guías de riego, el manejo adecuado de los residuos de cosecha (paja de caña), las formas de entrega del agua a puntos más elevados para su distribución y los elementos técnicos del diseño de entrega de agua.

El siguiente servicio que consistió en una propuesta de diseño de riego por gravedad para la finca Cádiz en respuesta al deseo de disminuir costos debido a que ha sido regada mediante aspersión por cañón.

### **3.4.1 OBJETIVOS**

#### **3.4.1.1 Objetivo General**

Realizar el diseño de un sistema de riego por gravedad a nivel de propuesta para la finca Cádiz del Ingenio Magdalena.

#### **3.4.1.2 Objetivos Específicos**

1. Realizar aforos de caudal en las fuentes de agua de la finca para determinar las cantidades de agua de las que dispone.
2. Identificar los puntos más altos en el plano de curvas a nivel de la finca para determinar las áreas de distribución.
3. Trazar en el plano general de la finca los canales de distribución de agua.

### 3.4.2 METODOLOGÍA

La propuesta de diseño del sistema de riego por gravedad para la finca Cádiz se hizo en respuesta al deseo de la administración de reducir los costos por la extensa área que se tiene que regar.

Las actividades realizadas para la propuesta fueron tres:

1. La identificación de los puntos elevados del terreno para la distribución de agua y el trazo de los canales distribuidores en el plano topográfico.
2. El aforo de las fuentes de agua para la determinación de caudales.
3. Trazo de canales primarios y secundarios según las curvas de nivel y la pendiente del terreno.

#### 3.4.2.1 Identificación de los puntos más altos del terreno y trazo de canales distribuidores en el plano de la finca.

Se partió del plano general de la finca Cádiz, identificando los puntos elevados del terreno para la distribución de agua a los pantes de caña de azúcar.

Se identificaron los puntos más altos para poder tener en cuenta el caudal que pasará en los surcos de conducción, debido a que el caudal inicial dentro del surco debe de ser mayor al de la infiltración del suelo, para lograr un avance rápido y un riego eficiente. El caudal máximo está limitado por el peligro de erosión y el escurrimiento del surco para que este no se desborde. Se utilizó la siguiente ecuación en el cálculo de cada surco:

$$Q_{\max} = \frac{0.63}{S\%}$$

Donde:

$Q_{\max}$  = caudal máximo no erosivo (lts/seg).

S% = pendiente del surco (%).

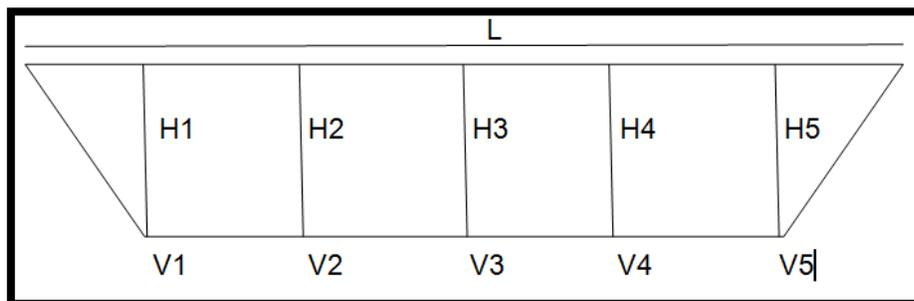
### 3.4.2.2 Aforo de las fuentes de agua para la determinación de caudal disponible.

Se contabilizó el área total que es viable regar mediante la utilización de la pendiente de la finca, no toda el área de la finca es viable para implementar el riego por gravedad, por lo que importante la identificación del área que se podía regar y la que no.

Posterior a la identificación del área efectiva de riego por gravedad, se calculó el caudal necesario para poder irrigar, la cantidad de área se multiplicó por el caudal necesario para regar una hectárea.

Se continuó con la identificación de los puntos de aforo de las cuencas dentro de la finca, donde se realizaron aforos de caudal para conocer la cantidad de agua disponible y poderla comparar con el caudal de diseño que se requiere y poder saber si es viable la opción de riego por gravedad con las fuentes de agua dentro de la finca.

El aforo se hizo midiendo los anchos de los ríos y dividiendo en secciones la parte del río a aforar, se tomaron tiempos de avance con la ayuda de un flotador y se calculó el caudal midiendo el área de cada sección y multiplicándola con la velocidad del flotador en dicha sección, se repitió este proceso para cada uno de los puntos de aforo de las fuentes de agua de la finca.



**Figura 35. Diseño de sección de aforo para la determinación de caudal.**  
Fuente: Propia.

La figura 35 muestra el diseño de una sección de aforo para la determinación de caudales, donde las H representan las profundidades de cada sección, que se multiplican por la longitud dividida en la cantidad de secciones, las V representan las velocidades de cada sección que se utilizan para conocer el caudal de la sección al multiplicarse con el área de cada sección.

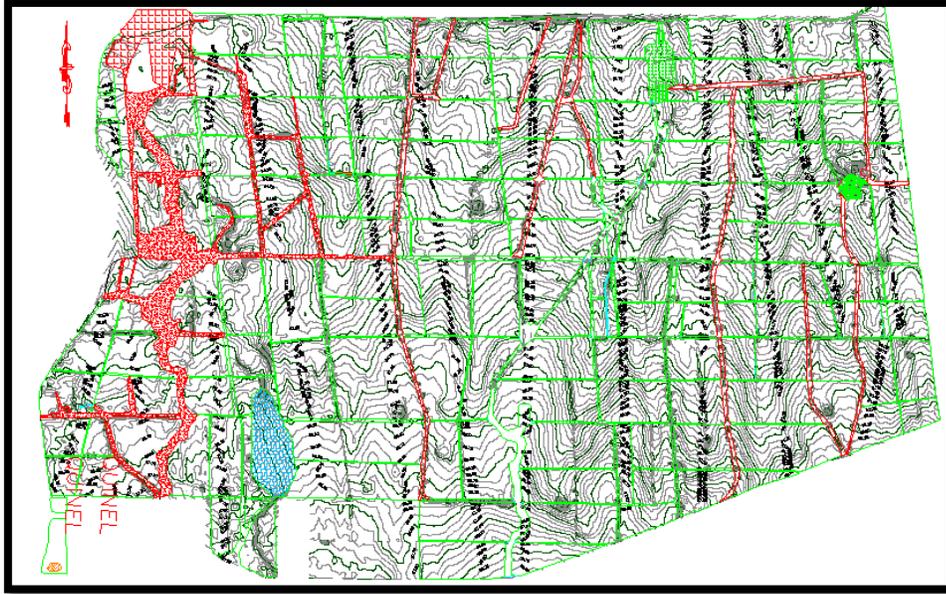
#### **3.4.2.3 Trazo de canales primarios y secundarios según las curvas de nivel y la pendiente del terreno.**

El trazo de los canales primarios y secundarios consistió en básicamente el dibujo de las direcciones que el agua tomaría dentro del plano de la finca, utilizando para dicha actividad el software de dibujo AutoCad y con esto hacer efectiva la propuesta de riego por gravedad para la finca Cádiz.

#### **3.4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

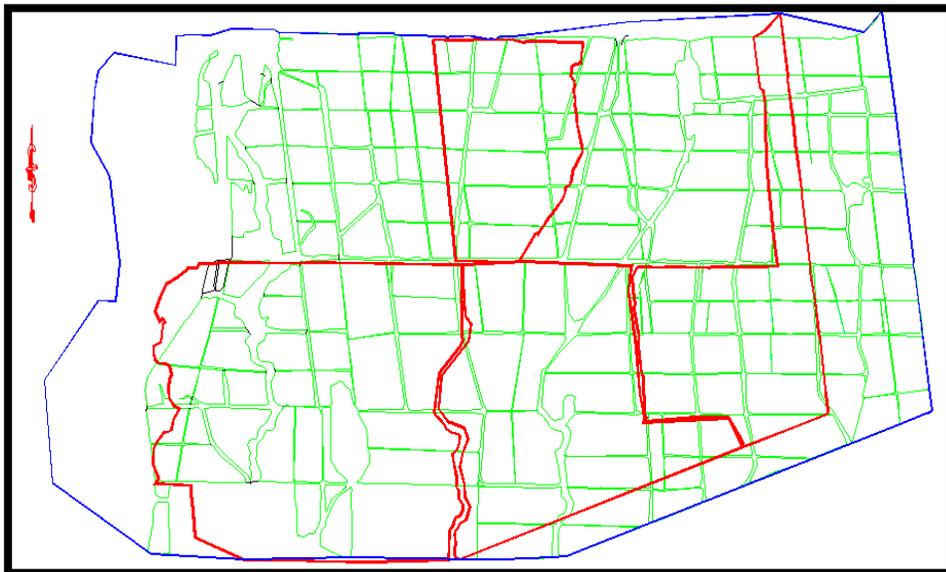
Se partió con el plano de la finca Cádiz, que tiene una extensión de 1,257.35 hectáreas, con pendientes desde 5% hasta de 13.2% en algunos puntos, ideal para el riego por gravedad en el 49% de la finca. La figura 36 muestra el plano de la finca.

Se analizaron las curvas a nivel y los puntos más altos de la finca, se tomaron cuatro áreas donde es efectivo el riego por gravedad, por el porcentaje de pendiente calculado y su proximidad a fuentes de agua.



**Figura 36. Plano de la finca Cádiz, Masagua, Escuintla.**  
Fuente: Propia.

La figura 37 muestra las áreas donde se puede implementar el riego por gravedad, teniendo un total de 612.39 hectáreas. Las áreas marcadas con rojo son las que se utilizaron para el posterior trazo de canales de riego.



**Figura 37. Áreas diseñadas para el riego por gravedad.**  
Fuente: Propia.

El total de las áreas a regar fue de: 258.54 ha, 158.83 ha, 83.23 ha, 111.79 ha, para hacer un total de 612.39 hectáreas bajo riego por gravedad.

Se realizó el cálculo de caudal necesario para la cantidad de hectáreas a regar. Para realizar el cálculo se utilizó la cantidad de galones por minuto que se necesitan regar en una hectárea aplicando una lámina de 6 mm. Según Sandoval Illescas (1989), se necesitan 12 galones por minuto para poder aplicar una lámina de 6 mm en 1 hectárea, entonces multiplicamos el área a regar por 12 galones por minuto.

$$612.39 \text{ ha} \times 12 \text{ gpm} = 7,348.68 \text{ gpm}$$

Se necesitan 7,348.68 galones por minuto para poder regar las 612.39 hectáreas con riego por gravedad.

Con el caudal de diseño, se realizó un aforo en las posibles fuentes de agua y así poder determinar la viabilidad de la implementación del riego por gravedad. La figura 38 muestra los puntos donde se realizaron los aforos dentro de la finca Cádiz.



**Figura 38. Lugares donde se realizaron los aforos de caudal.**

Fuente: Propia.

El punto de aforo número 1 se ubica en la parte oeste de la finca, que tiene que tener la capacidad de regar un área de 258.54 hectáreas y registrar caudales mayores a aproximadamente 3,000 galones por minuto:

**Cuadro 58. Tiempos y profundidades registrados para el punto 1 de aforo.**

		Tiempos (segundos)					
		1	2	3	4		
h= 0.91 m		15.02	9.91	9.04	12.42	h= 0.95 m	
		15.04	9.55	9.24	12.53		
		<b>15.03</b>	<b>9.73</b>	<b>9.14</b>	<b>12.475</b>		
	Profundidades (metros)						
		<b>0.85</b>	<b>0.84</b>	<b>0.81</b>	<b>0.83</b>		
<b>Longitud (metros)</b>		<b>2.84</b>					

Fuente: Propia.

El cuadro 58 muestra los datos registrados de profundidad del punto de aforo y el tiempo que tardó el flotador en recorrer 3.5 metros del río. La figura 39 muestra el lugar donde se realizó el punto de aforo cerca del casco de la finca.



**Figura 39. Punto de aforo número 1 cerca del casco, lado oeste de la finca.**

Fuente: Propia.

Se dividió el ancho de la sección donde se realizó el aforo que fue de 2.84 metros. Cada sección se multiplicó con la profundidad para obtener el área de la sección.

$$\text{Ancho de sección} = \text{Ancho total del río} / \text{cantidad de secciones}$$

$$\text{Ancho de sección (m)} = 2.84 / 4 = 0.7 \text{ m}$$

$$\text{Área de sección (m}^2\text{)} = \text{profundidad sección} \times \text{ancho de sección}$$

Posteriormente se calculó la velocidad del agua en el punto, como se muestra en la figura 39 y se registra dichos tiempos en el cuadro 58, la velocidad se multiplica por el área para obtener el caudal en m<sup>3</sup>/seg, se multiplicó por 3,600 para convertirlo a m<sup>3</sup>/hora. El cuadro 59 muestra los resultados obtenidos en la prueba de aforo 1.

**Cuadro 59. Resultados obtenidos en el aforo del punto 1, parte oeste de la finca.**

	1	2	3	4
<b>Área Sección m<sup>2</sup></b>	0.595	0.588	0.567	0.581
<b>Velocidad sección m/seg</b>	0.23	0.36	0.38	0.28
<b>Volumen m<sup>3</sup>/seg</b>	0.14	0.21	0.22	0.16
<b>Volumen m<sup>3</sup>/hr</b>	498.80	761.44	781.64	586.82

Fuente: Propia.

Se realizó una sumatoria total de los cuatro tramos calculados en el punto para obtener el volumen total del punto de aforo, y se le restó el 30% para mantener un margen de error.

**Cuadro 60. Caudal obtenido en el punto de aforo 1.**

	m <sup>3</sup> /hr	gpm
<b>Total</b>	2,628.70	<b>11,566.30</b>
<b>Total menos 30% error</b>	1,840.09	<b>8,096.41</b>

Fuente: Propia.

El cuadro 60 muestra el total obtenido en el punto de aforo 1, que fue de 8,096.41 galones por minuto, con el 30% de error permisible, esto quiere decir que sobrepasa el caudal necesario para las 258.54 hectáreas a cubrir en la parte oeste de la finca.

Este mismo proceso se repitió en los puntos norte y noreste de la finca donde se podía obtener agua, el punto número dos de aforo, estuvo dirigido a regar dos áreas de caña de azúcar, una de 83.23 hectáreas y la otra de 158.83 hectáreas, que hacen un total de 242.06 hectáreas las cuales necesitarían un caudal de no menos 2,900 galones por minuto.

**Cuadro 61. Tiempos y profundidades registrados para el punto 2 de aforo.**

		Tiempos (segundos)					
		1	2	3	4		
h= 0.15 m		49.12	49.53	26.45	28.73	h= 0.11 m	
		46.75	57.7	26.11	33.01		
		<b>47.935</b>	<b>53.615</b>	<b>26.28</b>	<b>30.87</b>		
		Profundidades (metros)					
		<b>0.56</b>	<b>0.67</b>	<b>0.72</b>	<b>0.55</b>		
<b>Longitud (metros)</b>	<b>5.65</b>						

Fuente: Propia.

El cuadro 61 muestra los tiempos registrados durante la prueba de aforo y las profundidades a las que se tomaron dichos datos.

**Cuadro 62. Resultados obtenidos en el aforo del punto 2, parte norte de la finca.**

	1	2	3	4
<b>Área Sección m<sup>2</sup></b>	0.7896	0.9447	1.0152	0.7755
<b>Velocidad sección m/seg</b>	0.10	0.09	0.19	0.16
<b>Volumen m<sup>3</sup>/seg</b>	0.08	0.09	0.19	0.13
<b>Volumen m<sup>3</sup>/hr</b>	296.50	317.16	695.34	452.19

Fuente: Propia.

El cuadro 62 muestra los resultados obtenidos en la prueba de aforo de la parte norte de la finca.



**Figura 40. Aforo del punto número 2, parte norte de la finca.**  
Fuente: Propia.

La figura 40 muestra el punto de aforo de la parte norte de la finca, que regaría 242 hectáreas.

**Cuadro 63. Caudal obtenido en el punto de aforo 2.**

	<b>m<sup>3</sup>/hr</b>	<b>gpm</b>
<b>Total</b>	1,761.19	<b>7,749.24</b>
<b>Total menos 30% error</b>	1,232.83	<b>5,424.47</b>

Fuente: Propia.

Los resultados del caudal obtenido en el punto de aforo número 2 se muestran en el cuadro 63, el total de caudal obtenido con el 30% de error fue de 5,424.47 galones por minuto que hace viable el riego por gravedad en esa cantidad de área ya que se requieren 2,900 galones por minuto para 242.06 hectáreas.

El cuadro 64 muestra los resultados obtenidos en el punto noreste de la finca, destinado a regar 111.79 hectáreas, en las cuales se necesita un caudal de 1,300 galones por minuto, el punto noreste era el lugar que presentaba más problemas debido a que no había una pendiente tan pronunciada y la fuente de agua era limitada.

**Cuadro 64. Tiempos y profundidades registrados para el punto 3 de aforo.**

		Tiempos (segundos)						
		1	2	3	4			
h= 0.05 m		11.61	11.41	11.72	24.74	h= 0.13 m		
		12.78	10.62	13.36	21.42			
		<b>12.195</b>	<b>11.015</b>	<b>12.54</b>	<b>23.08</b>			
		Profundidades (metros)						
		<b>0.1</b>	<b>0.14</b>	<b>0.12</b>	<b>0.13</b>			
Longitud (metros)	<b>3.1</b>							

Fuente: Propia.

El cuadro 65 muestra los resultados obtenidos en la prueba de aforo del punto 3 al noreste de la finca. La figura 41 muestra la realización del aforo del punto 3.



**Figura 41. Realización de aforo al noreste de la finca Cádiz.**

Fuente: Propia.

**Cuadro 65. Resultados obtenidos en el aforo de la parte noreste de la finca Cádiz.**

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Área Sección m<sup>2</sup></b>	0.077	0.1078	0.0924	0.1001
<b>Velocidad sección m/seg</b>	0.41	0.45	0.40	0.22
<b>Volumen m<sup>3</sup>/seg</b>	0.03	0.05	0.04	0.02
<b>Volumen m<sup>3</sup>/hr</b>	113.65	176.16	132.63	78.07

Fuente: Propia.

El cuadro 66 muestra el caudal obtenido para la sección noreste de la finca Cádiz, el caudal total obtenido fue de 1,541.58 galones por minuto, suficientes para poder irrigar por medio de gravedad el área de 111.79 hectáreas, ya que necesitaba un caudal de 1,300 galones por minuto.

**Cuadro 66. Caudal obtenido en el aforo de la parte noreste de la finca Cádiz.**

	<b>m<sup>3</sup>/hr</b>	<b>gpm</b>
<b>Total</b>	500.51	<b>2,202.25</b>
<b>Total menos 30% error</b>	350.36	<b>1,541.58</b>

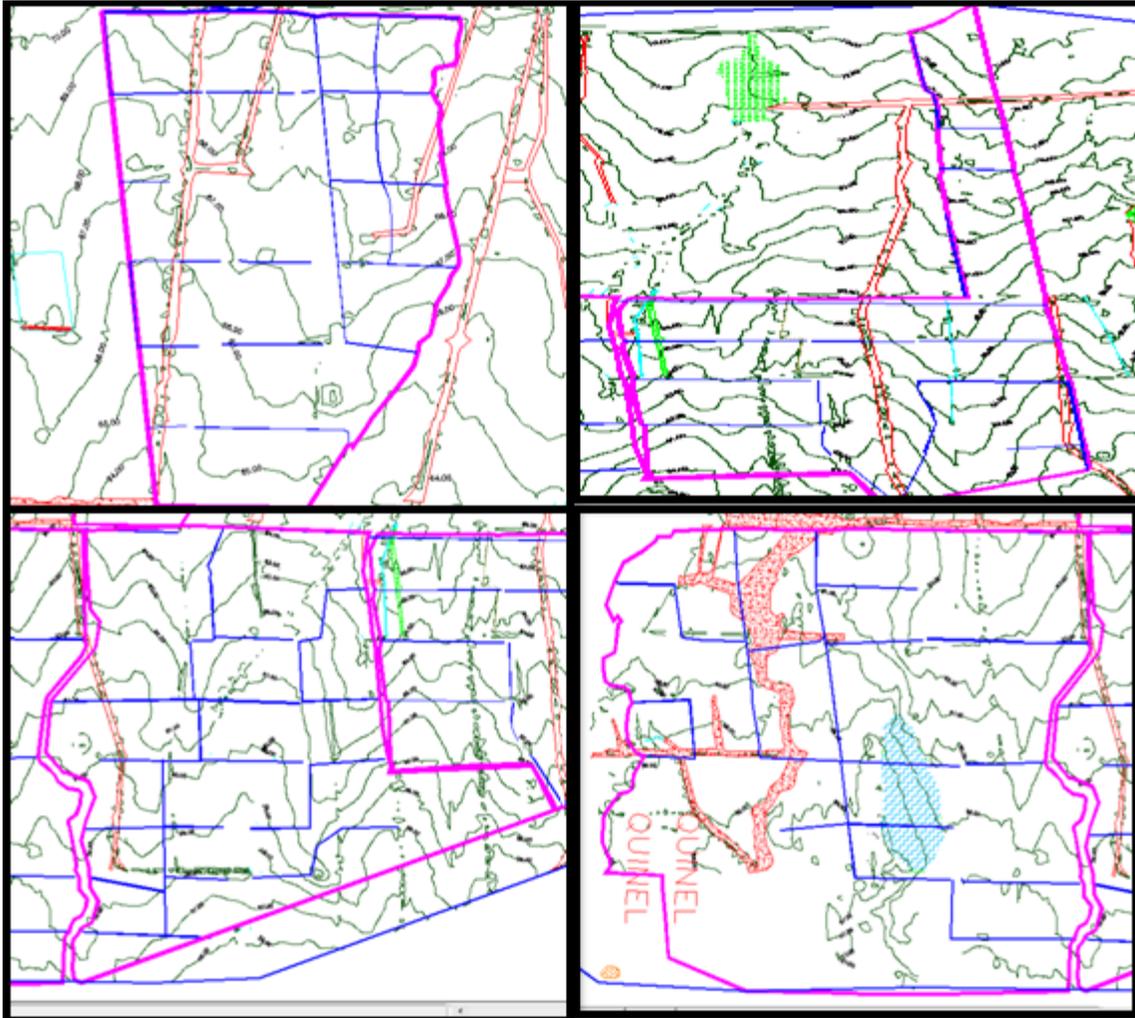
Fuente: Propia.

Después de realizar las pruebas de aforo y verificar la viabilidad de los caudales para el riego, se procedió con el cálculo del caudal máximo no erosivo por surco utilizando la fórmula de caudal máximo. El caudal máximo debe ser mayor a la infiltración básica para evitar las pérdidas de agua de riego y lograr un avance rápido y uniforme, en promedio los surcos tendrán una pendiente del 13%.

$$Q(\text{max}) = \frac{0.63}{13\%} = 4.84 \text{ lts/seg}$$

Según Sandoval Illescas (1989), los surcos de hortalizas tienen capacidades de 0.6 a 2.6 lts/seg. Los surcos de tamaño medio como los de las gramíneas son de 2.9 a 4.8 lts/seg y los surcos grandes como del algodón pueden llevar hasta 5.25 lts/seg, el caudal máximo no erosivo entra dentro de los rangos permitidos de las gramíneas con 4.84 lts/seg para cada surco.

Después se procedió con el trazo de los canales primarios de conducción de agua en cada una de las áreas. La figura 42 muestra el trazo hecho en el plano de los canales primarios en las cuatro áreas a regar por gravedad.



**Figura 42. Trazo de canales primarios de conducción de agua en AutoCad.**

Fuente: Propia.

Se continuó con el trazo que llevarían los surcos secundarios para el riego dentro de los pantos y a la cual está sujeta la siembra de caña de azúcar. La figura 43 muestra dicho trazo.



**Figura 43. Plano general con los trazos de los rumbos de los surcos secundarios.**  
Fuente: Propia.

La figura 44 muestra detalladamente las áreas con los trazos de los surcos secundarios y el rumbo que deben de llevar para la siembra dentro de los pantes.



**Figura 44. Diseño de los surcos secundarios dentro de los pantes.**  
Fuente: Propia.



### 3.4.4 CONCLUSIONES

1. Se realizaron aforos de los puntos de captación del agua para determinar la viabilidad del riego por gravedad en la finca Cádiz, teniendo un caudal necesario para el riego de 612.39 hectáreas de caña de azúcar de 7,350 galones por minuto, los aforos dieron como resultado 8,096.41 gpm para el río de la parte oeste, 5,424.47 gpm para el punto norte de la finca y 1,541.58 gpm para el punto noreste, en total sumando 15,062.46 galones por minuto de caudal total disponible.
2. Se trazaron los canales primarios y secundarios de conducción dentro del plano de la finca Cádiz para que puedan ser usados de referencia en la posible implementación de riego por gravedad.
3. Se trazaron los canales primarios y secundarios de distribución en el plano general de la finca para su propuesta ante la administración AGROPESA.

### **3.4.5 RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda la instalación de compuertas de fácil operación en los canales primarios para el control del sistema de riego.
2. Se exhorta a realizar la siembra de caña de azúcar dentro de los pantes utilizando el rumbo marcado en el plano de los surcos secundarios de conducción, con el fin de realizar un riego apto y uniforme.
3. Se recomienda la construcción de sistemas de filtro utilizando hierro intercalado en los canales primarios y secundarios para evitar el arrastre de basura y sólidos pesados dentro de los pantes de caña de azúcar.

### 3.4.6 BIBLIOGRAFÍA

1. Pinto Grotewold, JS. 2011. Diseño del sistema de riego por mini aspersión para caña de azúcar (*Saccharum spp.*), diagnóstico y servicios en la finca San Nicolás, del Ingenio Magdalena, Parcelamiento La Máquina, Cuyotengango, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 124 p.
2. Sandoval Illescas, JE. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345 p.



*Rolando Ramos.*

### **3.5 SONDEO DE POZOS DE LAS ADMINISTRACIONES RETALHULEU E ICÁN, DEL INGENIO MAGDALENA, RETALHULEU, GUATEMALA, C.A.**

Un pozo para abastecimiento de agua es un hueco profundizado en la tierra para interceptar acuíferos o mantos de aguas subterráneas, los pozos se clasifican en cinco tipos de acuerdo con el método de construcción: pozo excavado, pozo taladrado, pozo a chorro, pozo perforado y pozo clavado.

Un pozo no es un simple hueco perforado en el suelo, sino que es una estructura que debe reunir requisitos de índole técnico, sanitario, económico, entre otros aspectos, por lo tanto, debe permitir obtener el caudal necesario al menor costo posible, debe ser durable y debe ser eficiente, entregando agua de buena calidad.

El Ingenio Magdalena S.A. ha sido pionero en la perforación de pozos para obtener agua de riego de calidad en Guatemala. Como parte de los servicios se planteó el control de calidad de los pozos del ingenio realizando visitas a los pozos perforados en las administraciones de Retalhuleu e Icán y así poder diagnosticar el estado de los mismos, para actualizar la base de datos del departamento de Ingeniería Agrícola.

### **3.5.1 OBJETIVOS**

#### **3.5.1.1 Objetivo General**

Sondear el estado de los pozos ubicados en las administraciones Retalhuleu e Ixcán para complementar la información del estado actual de los pozos del ingenio.

#### **3.5.1.2 Objetivos Específicos**

1. Medir los niveles dinámicos y estáticos de los pozos y calcular el abatimiento de los mismos.
2. Determinar el año de perforación de los pozos para determinar si es necesario realizar mantenimiento.
3. Tomar las coordenadas geográficas de los pozos para la ubicación espacial en los planos del ingenio.

## **3.5.2 METODOLOGÍA**

### **3.5.2.1 Fase de planificación**

Se recabó información sobre la ubicación de los pozos en las bases de datos del ingenio y se consultó a los jefes de zona de las administraciones Retalhuleu e Ixcán para la ubicación de los pozos en cada una de las fincas así como la cantidad de pozos que había en cada una de las mismas, se planificaron las visitas en función de la ruta y la cantidad de pozos y fincas de ambas administraciones, con el fin de hacer más eficientes los recursos de tiempo y combustible del automóvil.

### **3.5.2.2 Fase de campo**

La fase de campo consistió en las visitas realizadas a los pozos para tomar la información necesaria para el diagnóstico de los pozos y la complementación de información de la base de datos del departamento de Ingeniería Agrícola.

El cuadro 67 muestra el formato de la ficha que se llenó en campo con la información a tomar.

**Cuadro 67. Formato de ficha de información utilizada para las visitas a los pozos.**

Ingenio Magdalena S.A Administración Retalhuleu Zona Occidente														
No.	LATITUD	LONGITUD	FINCA	ZAFRA DE PERFORACIÓN	TIPO DE REJILLA	DIAMETRO (pulgadas)	TIPO DE RIEGO	PROFUNDIDAD (pies)	NIVEL ESTÁTICO (pies)	NIVEL DINÁMICO (pies)	CAUDAL (gpm)	EMPRESA PERFORADORA	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	
Ingenio Magdalena S.A Administración Icán Zona Occidente														
No.	LATITUD	LONGITUD	FINCA	ZAFRA DE PERFORACIÓN	TIPO DE REJILLA	DIAMETRO (pulgadas)	TIPO DE RIEGO	PROFUNDIDAD (pies)	NIVEL ESTÁTICO (pies)	NIVEL DINÁMICO (pies)	CAUDAL (gpm)	EMPRESA PERFORADORA	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	

Fuente: Propia.

Se utilizó para la toma de la información varios implementos específicos para cada actividad. La latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar se tomaron con la ayuda de un GPS marca GARMIN que es utilizado en la toma de coordenadas mayormente como referencia, no se necesitó un equipo más exacto debido a la finalidad de las coordenadas. La figura 47 muestra la toma de coordenadas utilizando el GPS.



**Figura 47. Toma de puntos de referencia de los pozos con GPS Garmin.**

Fuente: Propia.

Con la sonda de exploración se ratificó la rejilla utilizada en la perforación de cada pozo, y con el nivel piezométrico se tomaron los datos de nivel dinámico y nivel estático para el posterior cálculo de abatimiento. La figura 48 muestra la utilización del nivel y la sonda.



**Figura 48. Sondeo de pozos con nivel piezométrico y sonda de exploración.**

Fuente: Propia.

### **3.5.2.3 Análisis de la información**

El abatimiento es la reducción equilibrada del nivel del pozo debido a la extracción sostenida de agua. Al efectuarse la extracción de agua ocurre un abatimiento en la superficie del agua dentro del pozo deteniéndose hasta que llega al equilibrio con la aportación de los mantos acuíferos, el abatimiento se calculó restando el nivel estático del agua del pozo con el nivel dinámico, que es cuando se está operando el riego. El resto de información de referencia se tomó con la ficha técnica de los pozos proporcionada en cada administración de fincas, como el caudal, la profundidad y el diámetro de entubado.

### **3.5.2.4 Ubicación de los pozos en los planos.**

Para la ubicación de los pozos se marcaron las coordenadas tomadas en campo con el equipo GPS en el software google earth, para poder tener una imagen aérea del pozo y ponerla en los mapas.

## **3.5.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La administración Retalhuleu cuenta con 11 fincas de caña de azúcar, en las cuales se perforaron un total de 41 pozos. La administración Iacán cuenta con 5 fincas, en las cuales se perforaron 17 pozos de abastecimiento para hacer un total de 58 pozos de ambas administraciones.

El cuadro 68 muestra los datos recabados para la administración Retalhuleu y el cuadro 69 muestra los datos tomados en la administración Iacán.

Cuadro 68. Datos tomados de los pozos de la administración Retalhuleu.

Ingenio Magdalena S.A Administración Retalhuleu Zona: Occidente														
No.	LATITUD	LONGITUD	FINCA	ZAFRA DE PERFORACIÓN	TIPO DE REJILLA	DIAMETRO (pulgadas)	TIPO DE RIEGO	PROFUNDIDAD (pies)	NIVEL ESTÁTICO (pies)	NIVEL DINÁMICO (pies)	CAUDAL (gpm)	ABATIMIENTO (pies)	EMPRESA PERFORADORA	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR
257	14.42825	-91.92175	ALASKA	2012-2013	Rejilla Continua	16" a 12"	MINI ASPERSIÓN	872	105	178	2000	73	DAHO	29.09
258	14.439528	-91.941139	ALASKA	2012-2013	Rejilla Continua	16" a 12"	MINI ASPERSIÓN	881	85	220	2000	135	DAHO	24.00
259	14.432639	-91.927889	ALASKA	2012-2013	Rejilla Continua	16" a 12"	MECANIZADO	880	86	197	2000	111	DAHO	30.00
261	14.465889	-91.963667	ARIZONA	2012-2013	Rejilla Continua	16"	MECANIZADO	895	75	140	2461	65	DAHO	15.00
262	14.445889	-91.967083	ARIZONA	2012-2013	Rejilla Continua	16" a 12"	MINI ASPERSIÓN	900	80	160	2316	80	DAHO	16.00
263	14.464667	-91.970389	ARIZONA	2012-2013	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	885	76	212	2000	136	DAHO	14.35
213	14.352028	-91.839806	CAMPO LIBRE M 1	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	680	30	98	2513	68	DAHO	31.00
203	14.383861	-91.773528	COLOMBITA M1	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	800	60	160	2500	100	DAHO	65.73
204	14.377333	-91.764806	COLOMBITA M2	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	775	38	144	2500	106	DAHO	64.00
205	14.369278	-91.75725	COLOMBITA M3	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	775	58	120	2500	62	DAHO	61.00
206	14.372778	-91.775361	COLOMBITA M4	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	800	63	159	2500	96	DAHO	61.00
207	14.367	-91.780056	COLOMBITA M5	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	765	69	160	2500	91	DAHO	58.00
165	14.318083	-91.74425	LA LOMA	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	510	25	60	2500	35	DAHO	44.00
200	14.362806	-91.747444	LA SEVERA	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	500	22	48	2500	26	DAHO	61.00
201	14.354889	-91.756917	LA SEVERA	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	570	30	104	2500	74	DAHO	54.00
202	14.353611	-91.747056	LA SEVERA	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	500	24	82	2500	58	DAHO	55.00
212	14.497167	-91.950944	MARIA DEL CARMEN	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	712	49	179	2500	130	DAHO	24.00



255	14.500611	-91.932028	MARIA DEL CARMEN	2011-2012	Rejilla Continua	16" a 12"	MINI ASPERSIÓN	730	147	322	1520	175	DAHO	29.35
214	14.377778	-91.881667	PROVIDENCIA	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	820	40	130	2500	90	DAHO	30.00
215	14.373583	-91.863417	PROVIDENCIA	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	800	40	132	2500	92	DAHO	31.00
216	14.370222	-91.855417	PROVIDENCIA	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	770	40	126	2500	86	DAHO	32.00
217	14.363	-91.845889	PROVIDENCIA	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	820	58	178	2100	120	DAHO	33.00
218	14.355778	-91.8535	PROVIDENCIA	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	713	58	170	2500	112	DAHO	27.00
230	14.428417	-91.750778	SAN EDUARDO	2012-2013	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	835	85	230	1845	145	DAHO	93.00
231	14.414806	-91.758083	SAN EDUARDO	2012-2013	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	814	110	260	1705	150	DAHO	80.00
232	14.414861	-91.775861	SAN EDUARDO	2012-2013	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	872	100	189	1905	89	DAHO	72.16
208	14.468611	-91.920056	SAN MAURICIO	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	708	72	142	2500	70	DAHO	31.93
209	14.468222	-91.906667	SAN MAURICIO	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	755	57	270	1905	213	DAHO	28.00
210	14.461278	-91.914278	SAN MAURICIO	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	715	50	270	1700	220	DAHO	30.81
211	14.450278	-91.913389	SAN MAURICIO	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	710	54	270	1705	216	DAHO	31.00
128	14.480917	-91.917944	XOLUTA POZO 1	2006-2007	Tipo puente	12"	MINI ASPERSIÓN	300	42	120	900	78	IMSA	33.00
252	14.480056	-91.907111	XOLUTA POZO 2	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	923	104	224.6	2030	120.6	DAHO	37.49
130	14.479472	-91.902361	XOLUTA POZO 3	2010-2011	Tipo puente	12"	MINI ASPERSIÓN	500	121	200	1150	79	DAHO	34.89
253	14.477194	-91.893472	XOLUTA POZO 4	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	927	111	236	2030	125	DAHO	42.00
131	14.480167	-91.889583	XOLUTA POZO 5	2010-2011	Tipo puente	12"	MINI ASPERSIÓN	500	62	160	1150	98	DAHO	44.00
254	14.476139	-91.883472	XOLUTA POZO 6	2011-2012	Rejilla Continua	16" a 12"	MINI ASPERSIÓN	924	123	243	1905	120	DAHO	46.00
129	14.474222	-91.851444	XOLUTA POZO 7	2006-2007	Tipo puente	12"	MINI ASPERSIÓN	300	41	118	900	77	MASEHISA	55.00
199	14.473111	-91.847944	XOLUTA POZO 8	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	800	75	198	2500	123	DAHO	59.00
132	14.291111	-91.767611	SANTA JULIA	2010-2011	Tipo puente	12"	MINI ASPERSIÓN	500	20	46	1212	26	DAHO	29.00
133	14.288278	-91.760528	SANTA JULIA	2010-2011	Tipo puente	12"	MINI ASPERSIÓN	500	16	38	1212	22	DAHO	27.08
134	14.282361	-91.756722	SANTA JULIA	2010-2011	Tipo puente	12"	MINI ASPERSIÓN	500	20	37	1212	17	DAHO	25.00

Cuadro 69. Datos tomados de los pozos de la administración Icán.

Ingenio Magdalena S.A Administración Icán Zona: Occidente														
No.	LATITUD	LONGITUD	FINCA	ZAFRA DE PERFORACIÓN	TIPO DE REJILLA	DIAMETRO (pulgadas)	TIPO DE RIEGO	PROFUNDIDAD (pies)	NIVEL ESTÁTICO (pies)	NIVEL DINÁMICO (pies)	CAUDAL (gpm)	ABATIMIENTO (pies)	EMPRESA PERFORADORA	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR
37	14.142583	-91.519806	LAS ROSAS	2010-2011	Tipo puente	12"	MINI ASPERSIÓN	500	20	46	1190	26	DAHO	15.83
38	14.143722	-91.525306	LAS ROSAS	2010-2011	Tipo puente	12"	MINI ASPERSIÓN	500	16	37	1190	21	DAHO	15.75
39	14.155222	-91.516111	LAS ROSAS	2010-2011	Tipo puente	12"	MINI ASPERSIÓN	500	25	48	1190	23	DAHO	15.87
40	14.158333	-91.521778	LAS ROSAS	2010-2011	Tipo puente	12"	MINI ASPERSIÓN	500	9	34	1190	25	DAHO	22.00
41	14.180417	-91.572389	SAN NICOLÁS	2010-2011	Tipo puente	12"	MINI ASPERSIÓN	500	17	42	1190	25	DAHO	23.94
42	14.177639	-91.559528	SAN NICOLÁS	2010-2011	Tipo puente	12"	MINI ASPERSIÓN	500	24	48	1190	24	DAHO	24.00
43	14.174833	-91.546333	SAN NICOLÁS	2010-2011	Tipo puente	12"	MINI ASPERSIÓN	500	31	59	1190	28	DAHO	19.76
44	14.176444	-91.553972	SAN NICOLÁS	2010-2011	Tipo puente	12"	MINI ASPERSIÓN	500	29	65	1190	36	DAHO	22.99
153	14.115944	-91.595139	PANAMÁ	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	670	25	150	2500	125	DAHO	8.86
154	14.122222	-91.588694	PANAMÁ	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	670	35	112	2500	77	DAHO	12.14
155	14.129694	-91.587639	PANAMÁ	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	670	32	114	2700	82	DAHO	13.00
156	14.249667	-91.517533	MONTEMARIA	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	510	45	119	2500	74	DAHO	44.08
157	14.247833	-91.505222	MONTEMARIA	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	600	25	86	2500	61	DAHO	40.13
158	14.239389	-91.519944	MONTEMARIA	2011-2012	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	670	27	75	2500	48	DAHO	38.00
159	14.237444	-91.506972	MONTEMARIA	2011-2012	Rejilla	16"	MINI	610	33	108	2500	75	DAHO	39.57



			A		Continua		ASPERSIÓN							
228	14.167056	-91.512611	ALAMOS	2012-2013	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	960	14	50	2500	36	DAHO	17.45
229	14.178528	-91.511722	ALAMOS	2012-2013	Rejilla Continua	16"	MINI ASPERSIÓN	880	29	89	2500	60	DAHO	24.54

El departamento de Ingeniería Agrícola se encarga del mantenimiento y limpieza de los pozos del ingenio, se realiza cada cuatro años desde su perforación y esta puede ser física, con cepillos industriales o química con productos comerciales dedicados a esta actividad, el sondeo del pozo y los datos de caudal también ayudan en la selección del tipo de mantenimiento que se necesite en cada pozo.

De la administración Retalhuleu se necesita realizar mantenimiento a siete pozos que fueron perforados en los años 2,010-2,011 y de la administración Icán se necesita el mantenimiento en ocho pozos perforados en la misma temporada. La selección del tipo de mantenimiento la hace el jefe del área de Perforación de Pozos del departamento en conjunto con el asesor externo.

El cuadro 70 muestra el resumen de fincas y pozos de ambas administraciones.

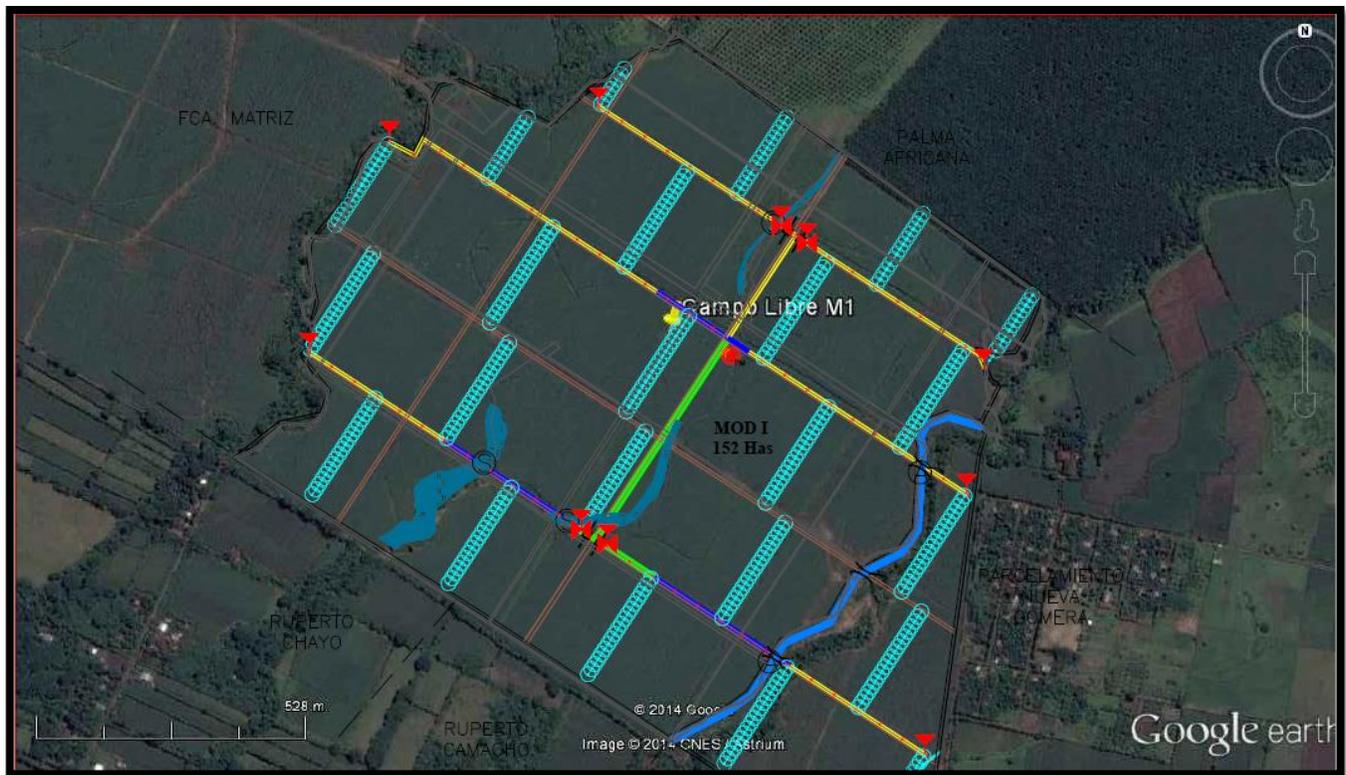
**Cuadro 70. Resumen de fincas y pozos de las administraciones Retalhuleu e Icán.**

Administración	Finca	Cantidad de pozos
Retalhuleu	Alaska	3
	Arizona	3
	Campo Libre	1
	Colombita	5
	La Loma	1
	La Severa	3
	María Del Carmen	2
	Providencia	5
	San Eduardo	3
	San Mauricio	4
	Xoluta	8
	Santa Julia	3
Icán	Las Rosas	4
	San Nicolás	4
	Panamá	3
	Montemaría	4
	Álamos	2
<b>Total</b>		<b>58</b>

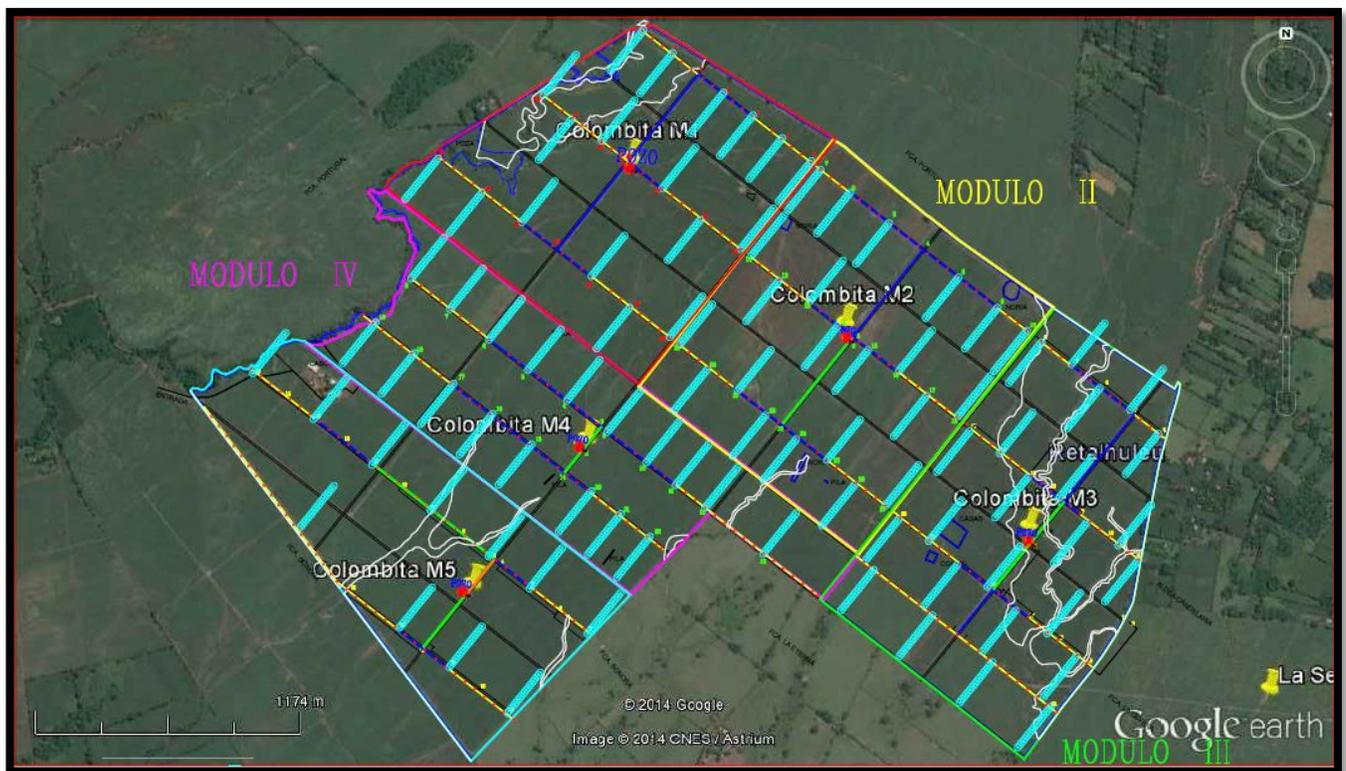
Fuente: Propia.

Se ubicaron los pozos geográficamente en los planos con las coordenadas tomadas con el Garmin, con la finalidad de tener una ubicación más exacta de los mismos.

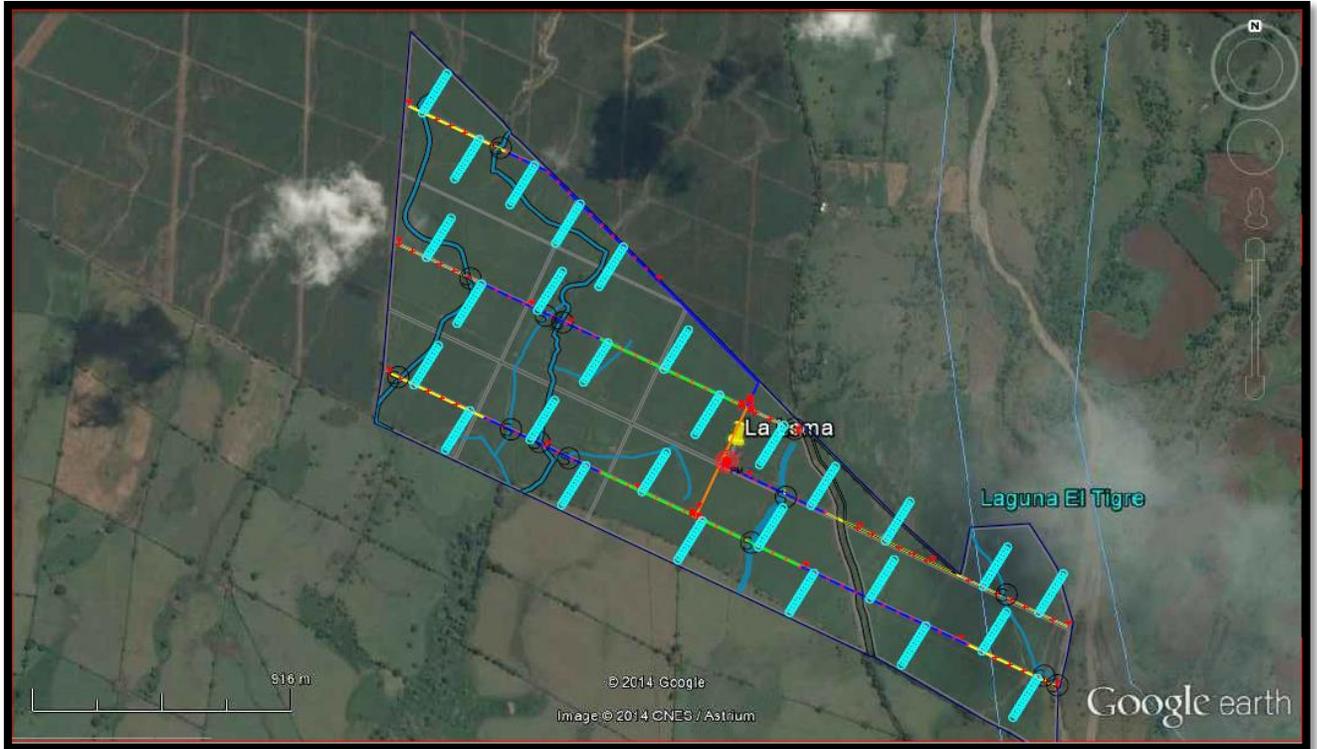
Las figuras 49 a la 59 muestran los mapas de las fincas de la administración Retalhuleu con los pozos ubicados.



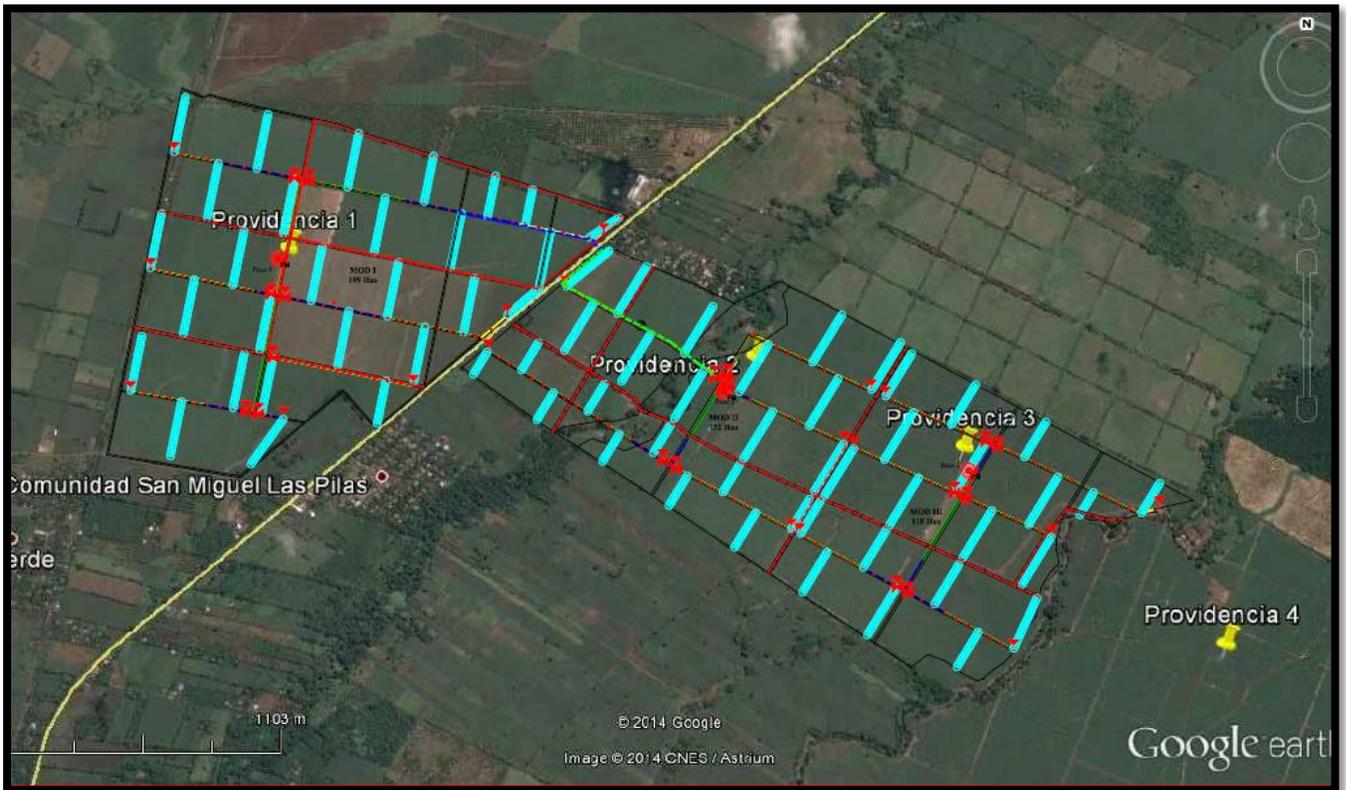
**Figura 49. Finca Campo Libre, 1 pozo.**  
Fuente: Propia.



**Figura 50. Finca Colombita, 5 pozos.**  
Fuente: Propia.



**Figura 51. Finca La Loma, 1 pozo.**  
Fuente: Propia.



**Figura 52. Finca Providencia, 5 pozos.**  
Fuente: Propia.

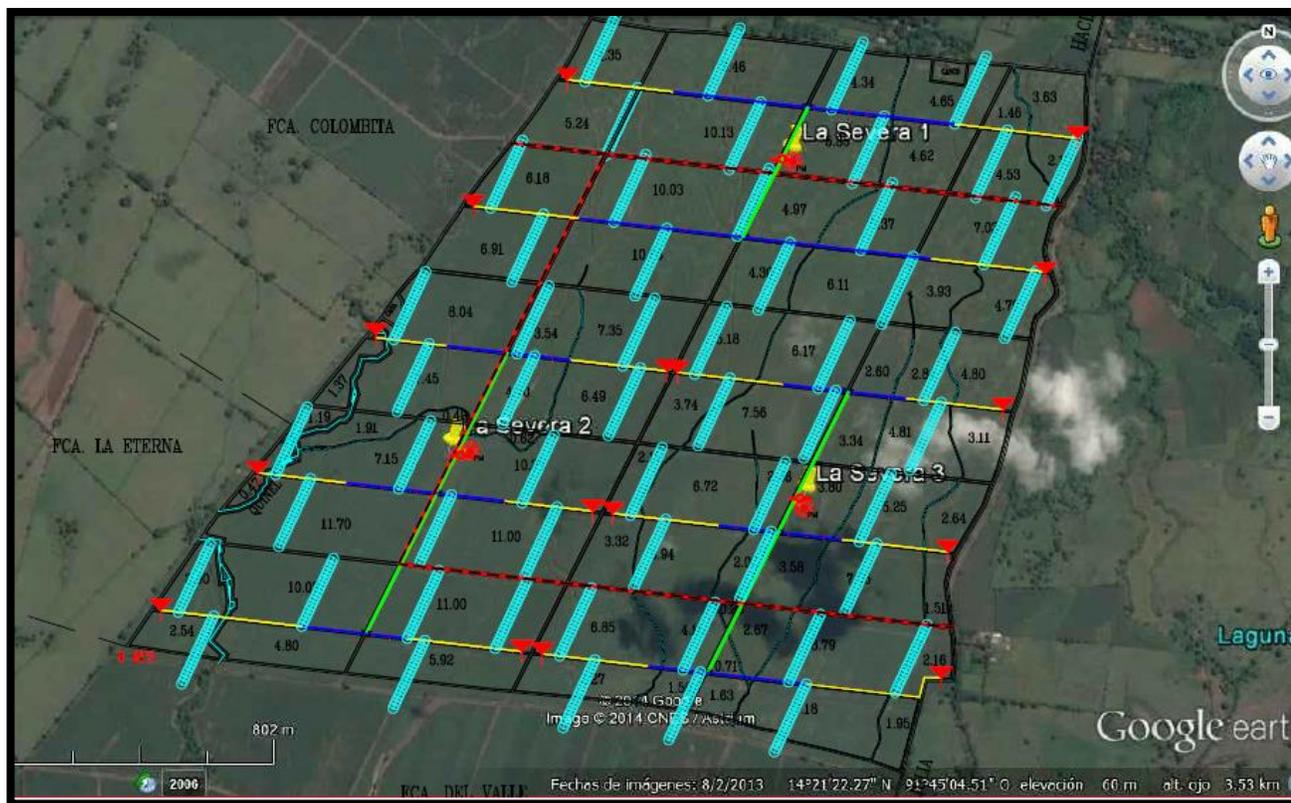


Figura 53. Finca La Severa, 3 pozos.  
Fuente: Propia.

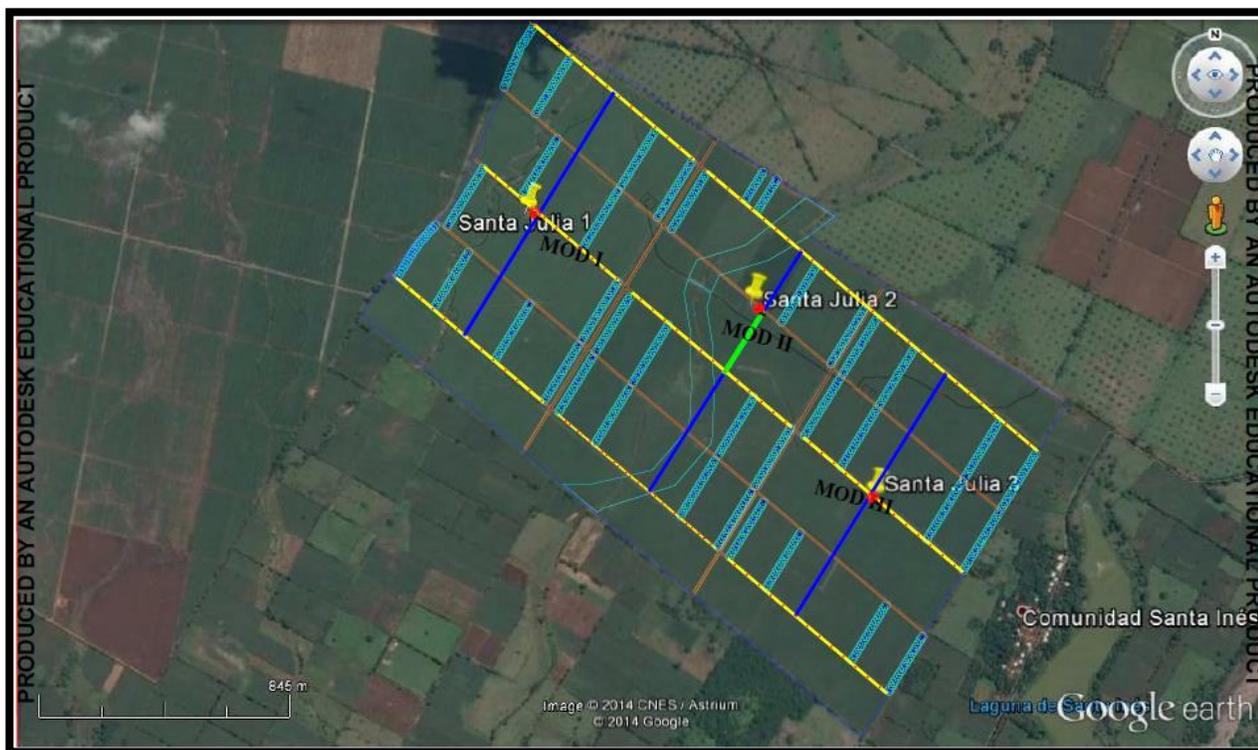
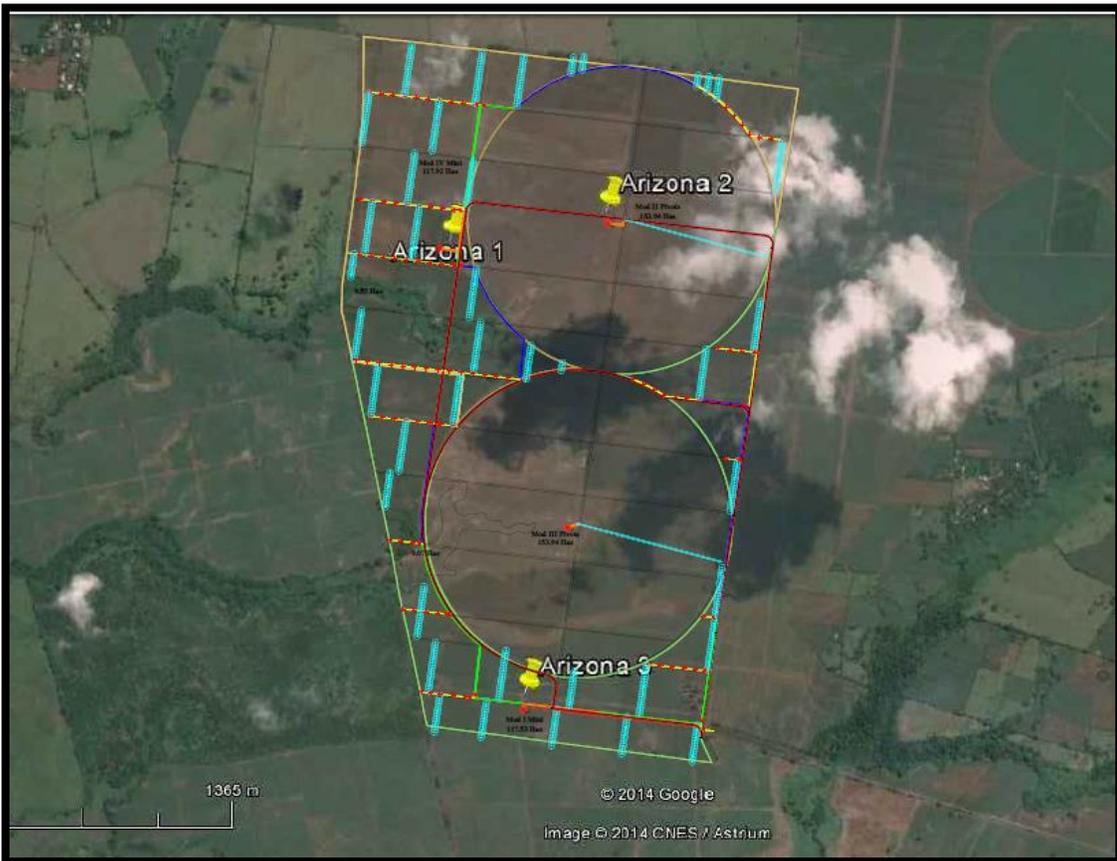


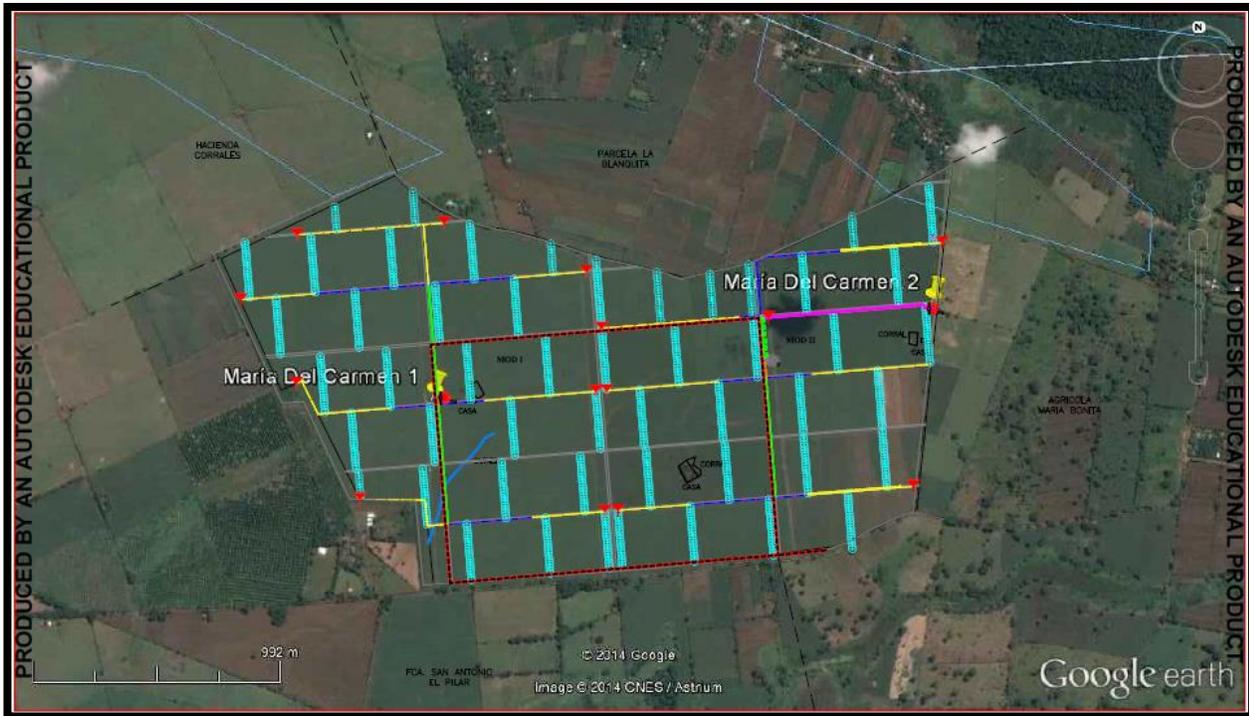
Figura 54. Finca Santa Julia, 3 pozos.  
Fuente: Propia.



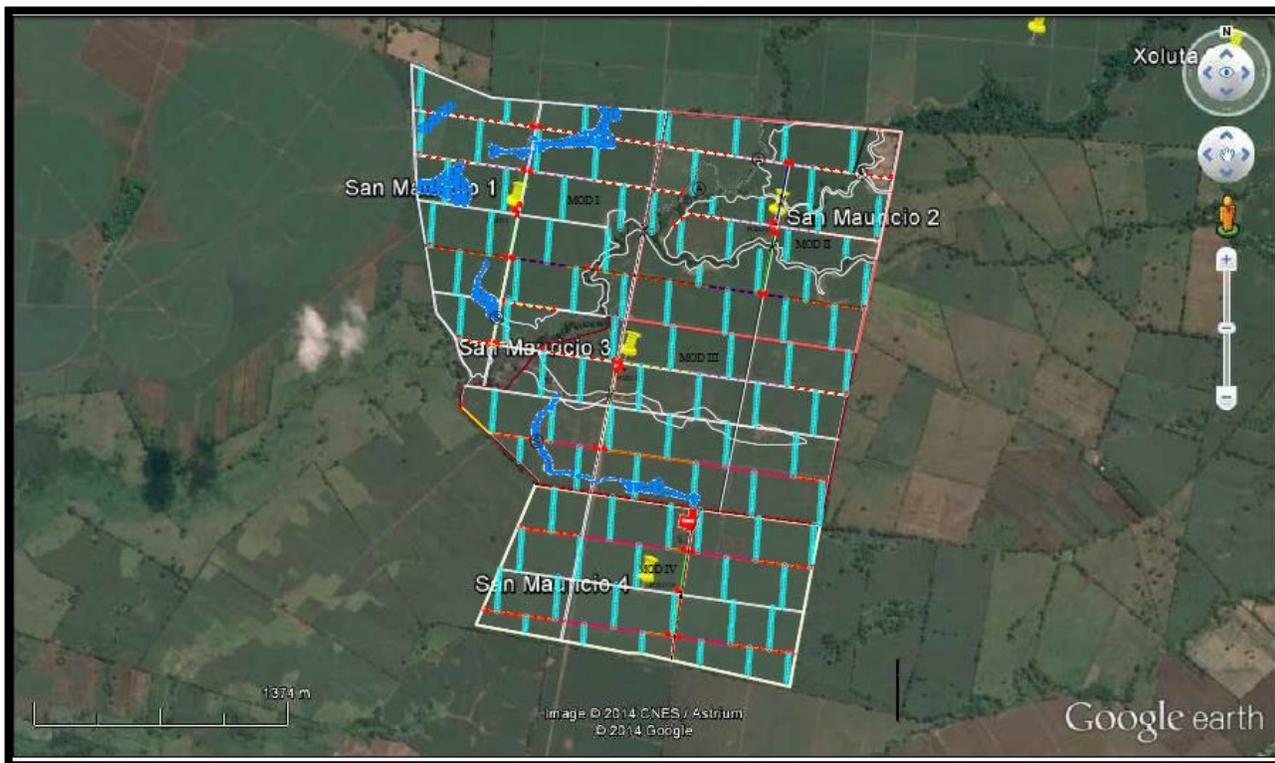
**Figura 55. Finca Alaska, 3 pozos.**  
Fuente: Propia.



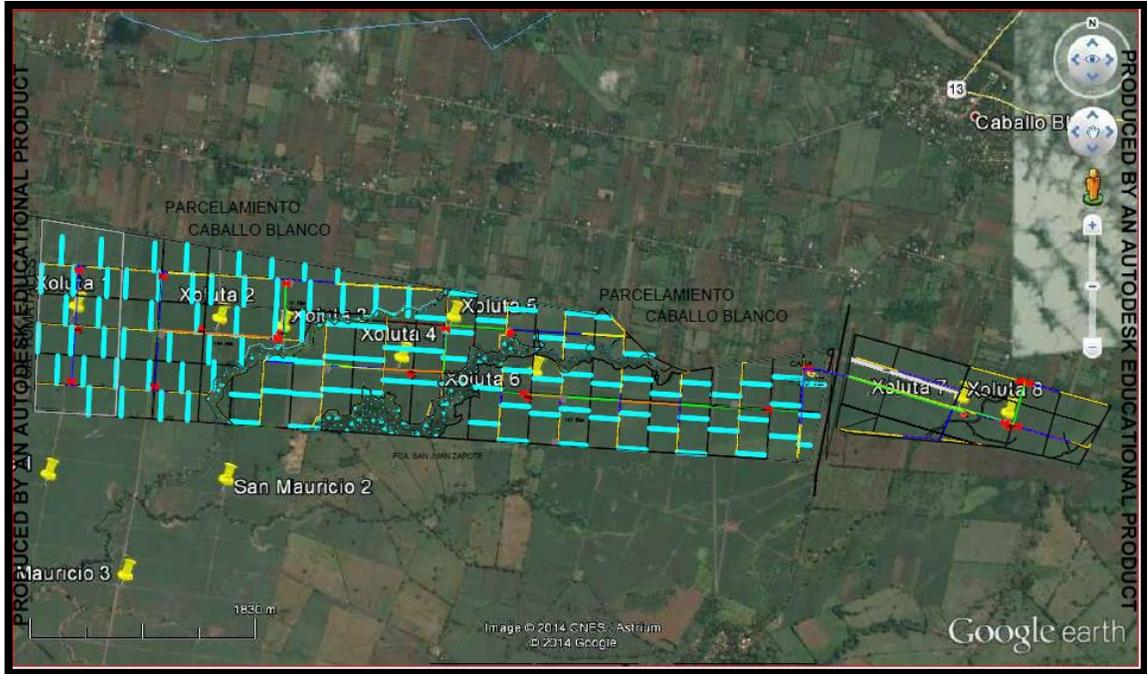
**Figura 56. Finca Arizona, 3 pozos.**  
Fuente: Propia.



**Figura 57. Finca María del Carmen, 2 pozos.**  
Fuente: Propia.



**Figura 58. Finca San Mauricio, 4 pozos.**  
Fuente: Propia.



**Figura 59. Finca Xoluta, 8 pozos.**  
Fuente: Propia.

Las figuras XX a la XX muestran los pozos de la administración Icán ubicados en los planos de las fincas.



**Figura 60. Finca Montemaría, 4 pozos.**  
Fuente: Propia.

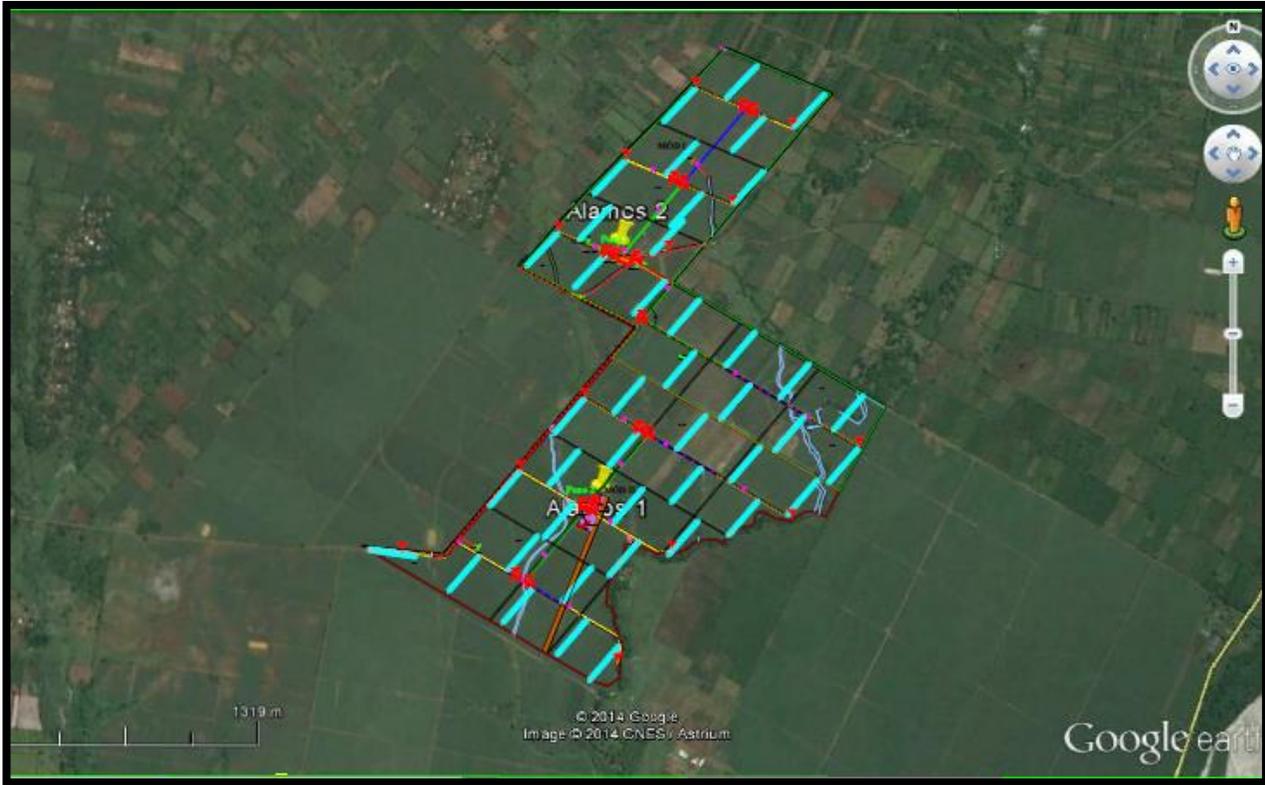


Figura 61. Finca Álamos, 2 pozos.  
Fuente: Propia.

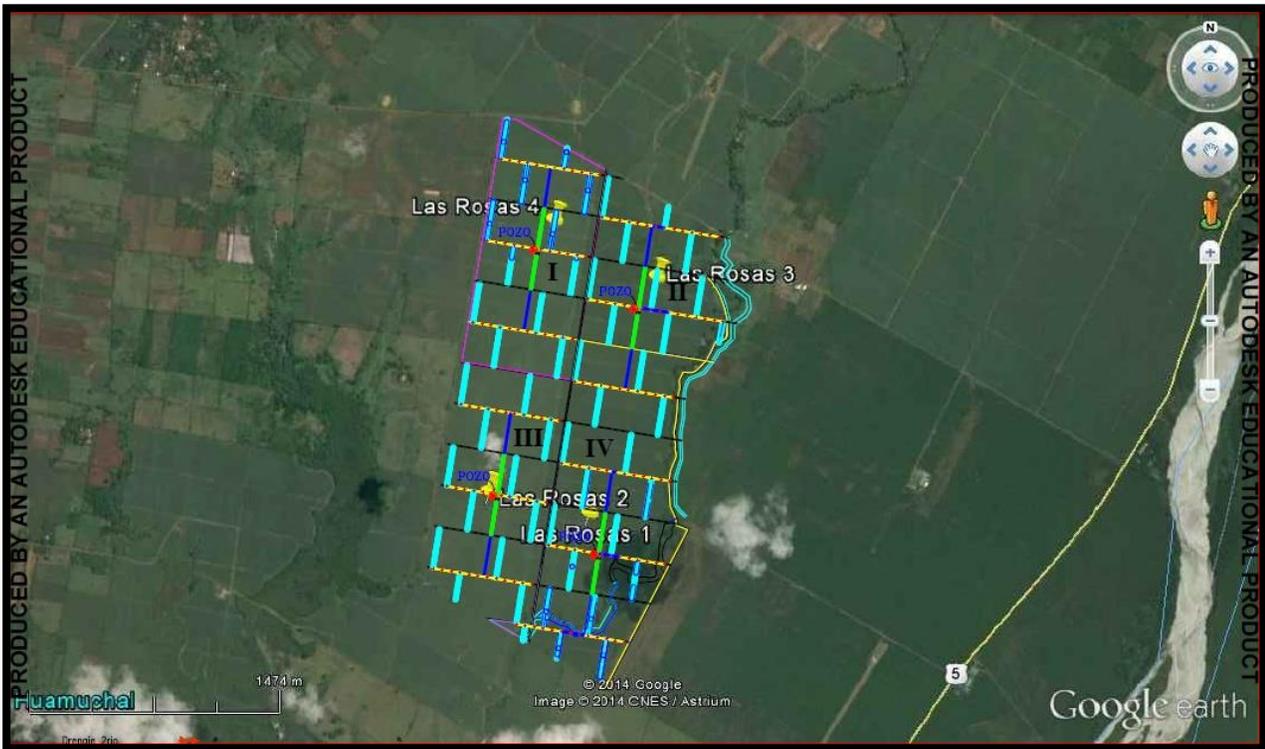


Figura 62. Finca Las Rosas, 4 pozos.  
Fuente: Propia.

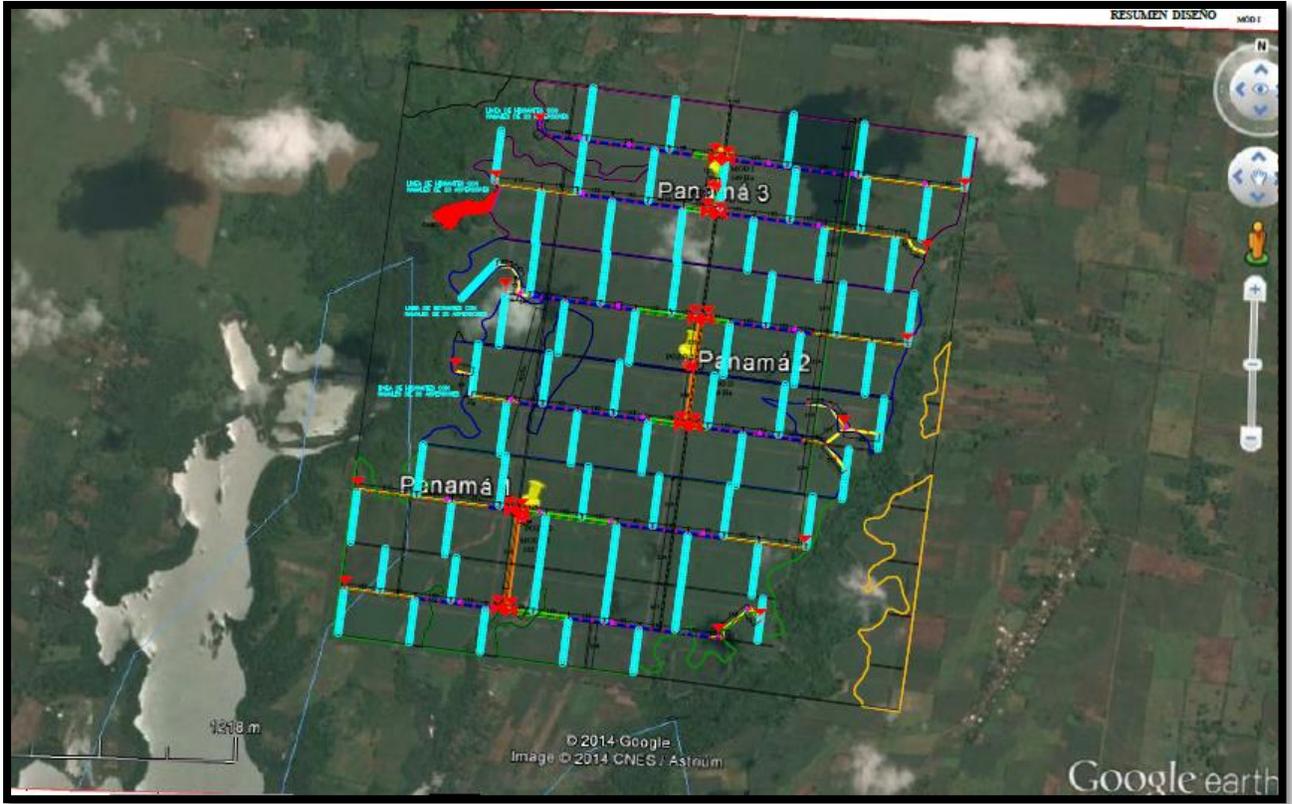


Figura 63. Finca Panamá, 3 pozos.  
Fuente: Propia.

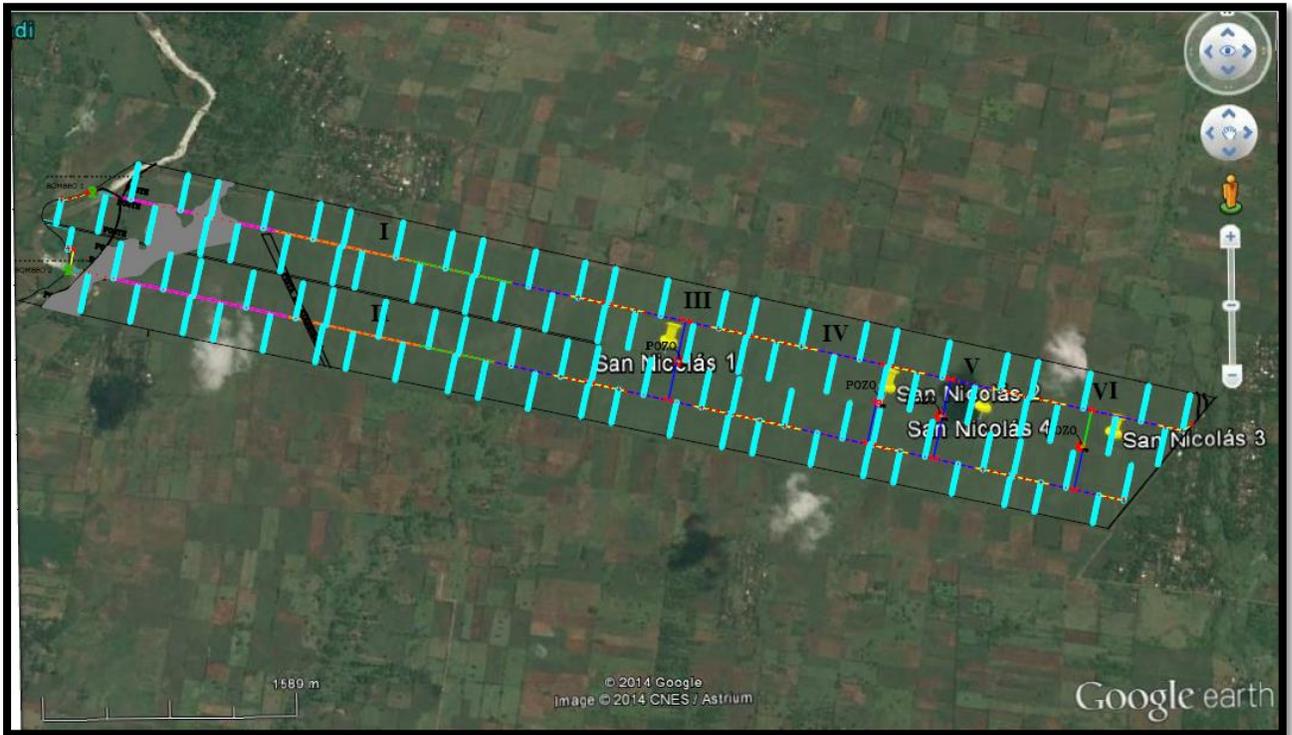


Figura 64. Finca San Nicolás, 4 pozos.  
Fuente: Propia.

### 3.5.4 CONCLUSIONES

1. La administración Retalhuleu cuenta con 11 fincas de caña de azúcar, en las cuales se perforaron un total de 41 pozos, la administración Icán cuenta con 5 fincas, en las cuales se perforaron 17 pozos de abastecimiento para hacer un total de 58 pozos de ambas administraciones. Los niveles dinámicos, estáticos y abatimiento se describen en el cuadro 68 y 69.
2. De la administración Retalhuleu se necesita realizar mantenimiento a siete pozos que fueron perforados en los años 2,010-2,011 y de la administración Icán se necesita el mantenimiento en ocho pozos perforados en la misma temporada.
3. Se complementó la información de la base de datos con los datos tomados en las administraciones de Retalhuleu e Icán y se ubicaron los pozos geográficamente en los planos con las coordenadas tomadas con el Garmin, con la finalidad de tener una ubicación exacta de los mismos.

### 3.5.5 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar esta actividad en las administraciones de la región oriente, ya que no se ha realizado un sondeo apropiado en dicha zona.
2. Es importante realizar la limpieza de los pozos mencionados ya que con esto se mejora la calidad del agua de riego y hace más eficiente el riego y el sistema utilizado.
3. Se recomienda el uso de sondas de exploración de longitudes de más de 900 pies, ya que en algunos pozos no se pudo realizar la exploración completa del pozo ya que la longitud de las sondas no lograba abarcar la totalidad de los pozos más profundos.

### 3.5.6 BIBLIOGRAFÍA

1. Pinto Grotewold, JS. 2011. Diseño del sistema de riego por mini aspersión para caña de azúcar (*Saccharum spp.*), diagnóstico y servicios en la finca San Nicolás, del Ingenio Magdalena, Parcelamiento La Máquina, Cuyotengango, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 124 p.
2. Sandoval Illescas, JE. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345 p.
3. Aguirre González, F. 2007. Manual para las oficinas municipales de planificación – omp- y corporaciones ediles para la toma de decisión en la selección de un pozo mecánico. Tesis Ing. Mec. Guatemala, USAC. 224 p.



Rolando Ramos.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS  
Y AMBIENTALES -IIA-



**REF. Sem. 35/2014**

LA TESIS TITULADA:

"ANÁLISIS DE COSTOS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO COMPARANDO MOTORES DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO Y MOTORES DE COMBUSTIBLE DIESEL EN LAS ADMINISTRACIONES DE AGROPESA Y EL CHAPARRAL DEL INGENIO MAGDALENA, PUERTO DE SAN JOSÉ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE:

RUDY ARMANDO GUILLERMO RODRÍGUEZ

CARNE:

200618478

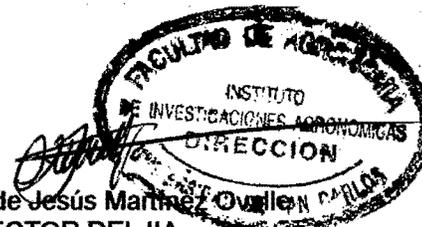
HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

Ing. Agr. Rolando Lara Alecio  
Ing. Agr. Mima Ayala Lemus  
Ing. Agr. José Luis Alvarado Álvarez

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Inga. Agr. Miria Ayala Lemus  
A S E S O R

Ing. Agr. José Luis Alvarado Álvarez  
SUPERVISOR-ASESOR



MSc. Manuel de Jesús Martínez Ovillar  
DIRECTOR DEL IIA

MDJM,/nm  
c.c. Archivo



Guatemala, 5 de agosto de 2014

**Ref. SAIEPSA: Trabajo de Graduación 15-2014**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN:**

**ANÁLISIS DE COSTOS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO COMPARANDO MOTORES DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO Y MOTORES DE COMBUSTIBLE DIESEL, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA DEL INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

**ESTUDIANTE:**

**RUDY ARMANDO GUILLERMO RODRÍGUEZ**

**No. CARNÉ**

**200618478**

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

**"ANÁLISIS DE COSTOS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO COMPARANDO MOTORES DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO Y MOTORES DE COMBUSTIBLE DIESEL EN LAS ADMINISTRACIONES DE AGROPESA Y EL CHAPARRAL DEL INGENIO MAGDALENA, PUERTO DE SAN JOSÉ, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A."**

**LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES:**

**Ing.Agr. Rolando Lara Alecio  
Inga.Agra. Mirna Ayala Lemus  
Ing.Agr. José Luis Alvarado Álvarez**

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

**"D Y ENSEÑAD A TODOS"**

**Ing.Agr. José Luis Alvarado Álvarez  
Docente – Asesor de EPS**

**Vo.Bo. Ing.Agr. Alfredo Itzep Manuel  
Coordinador Area Integrada**

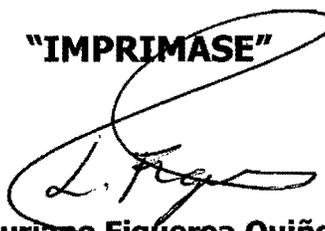


c.c. Control Académico, Estudiante, Archivo,

No.43.2014

Trabajo de Graduación:	“ANÁLISIS DE COSTOS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO COMPARANDO MOTORES DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO Y MOTORES DE COMBUSTIBLE DIESEL, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA DEL INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.”
Estudiante:	Rudy Armando Guillermo Rodríguez
Carné:	200618478

**"IMPRIMASE"**



Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez  
DECANO

